

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL
Y PUBLICIDAD I



TESIS DOCTORAL

**La (re) evolución de los sistemas de transmisión de
contenidos aplicados a la producción de televisión.
El modelo LIVE!**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Javier Reyes Cabello

DIRECTOR

José Gabriel Jacoste Quesada

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad I



**LA (RE) EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE
CONTENIDOS APLICADOS A LA PRODUCCIÓN DE TELEVISIÓN.
EL MODELO LIVE!**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Javier Reyes Cabello

Bajo la dirección del Doctor

José G. Jacoste Quesada

Madrid noviembre 2015

Tesis Doctoral que se presenta en el Departamento de
Comunicación Audiovisual y Publicidad I, bajo la dirección
del Dr. José G. Jacoste Quesada.

A Virginia, Vera y Pablo por estar siempre.

AGRADECIMIENTOS

La lista de agradecimientos sería muy extensa, por lo que trataré de sintetizar en aquellos que han sido decisivos tanto para la realización como para finalizar este trabajo.

En primer lugar vaya mi agradecimiento a aquellos que me hicieron ver la belleza de esta profesión, en la cual solo una profunda vocación puede contrarrestar la entrega que demanda.

A José María Izquierdo por darme la oportunidad de unirme al proyecto que significó la puesta en marcha de Informativos Cuatro y su integración en CNN+. Gracias Jose María por tu confianza y amistad.

Al equipo de Ingeniería y Operaciones de Sogecable en el período 2005-2011, comandado por Adolfo Remacha, por el apoyo que hizo posible aquella aventura que llevamos a cabo en Informativos Cuatro y CNN+. Gracias a José Luis García Sánchez, Manuela Martínez y Ángel Pachó, entre otros. Gracias a todos por ser siempre constructivos y por pelear sin desmayo por alcanzar los objetivos.

A Ignacio Soto, por su comprensión, soporte y amistad. Su ayuda fue clave para que Informativos Cuatro y CNN+ fuesen cadenas adelantadas a su tiempo. Gracias Ignacio.

A Antonio Gegúndez, Director de Servicios Ocasionales, Special Events y DSNGs en Overon por su confianza y apoyo, que propició la puesta en marcha del proyecto LIVE! Sin su inestimable ayuda y cooperación nunca hubiese sido posible. Gran parte del proyecto LIVE! se lo debo a él. Le agradezco que me transmitiese parte de su gran conocimiento sobre el mundo de las transmisiones para televisión.

A Vicente Jiménez por creer en LIVE! cuando apenas había nacido y por su decidida apuesta hacia el proyecto, lo que hizo posible que LIVE! diese sus primeros pasos en elpais.com.

Al Director de esta tesis, José G. Jacoste, no solo por dirigirla, sino por haberme hecho ver lo que me importa la docencia. Sin su inapreciable ayuda no hubiese sido posible.

Al Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad, CAP I, de la UCM, por su confianza y por hacerme sentir uno más en ese extraordinario grupo. Al área de Tecnología del Departamento, liderada por el catedrático Hipólito Vivar por su confianza y buenos consejos. Gracias a todos.

A Alberto García y Beatriz Tovar, ambos de CAP I, por animarme hasta el último momento a conseguir el objetivo, además de por sus consejos e inapreciable ayuda. Gracias a ambos.

Por último, a Diego de la Serna y Rafael Jaén, mis socios en LIVE! y Quality, por su ayuda, comprensión y amistad.

ÍNDICE

| | |
|--|--------|
| Agradecimientos | Pág.4 |
| CAPÍTULO UNO: INTRODUCCIÓN | Pag.6 |
| 1. Presentación general de la tesis doctoral | Pág.7 |
| 2. Presentación acerca del Objeto de estudio | Pág.10 |
| 3. Objetivo del estudio | Pág.13 |
| 4. Objeto de estudio | Pág.15 |
| 5. Hipótesis de investigación | Pág.19 |
| 5.1 Hipótesis como posible solución a un problema | Pág.20 |
| 5.2 Hipótesis entre variables | Pág.21 |
| 5.3 Hipótesis como método de comprobación | Pág.21 |
| 6. Marco situacional | Pág.23 |
| 7. Marco teórico | Pág.25 |
| 8. Teoría que sustenta la tesis doctoral | Pág.27 |
| 9. Metodología | Pág.29 |
| 9.1 Proyecto de intervención | Pág.29 |
| 9.2 Proyecto de evaluación | Pág.30 |
| 9.3 Proyecto de desarrollo tecnológico | Pág.32 |
| 9.4 Proyecto de investigación | Pág.32 |
| 9.5 Métodos empíricos y teóricos | Pág.33 |
| CAPÍTULO DOS: CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS PRELIMINARES | Pág.35 |
| 1. Consideraciones tecnológicas preliminares | Pág.36 |
| 1.2 Red digital de transmisión de datos | Pág.38 |
| 1.3 Modulación por codificación de pulsos | Pág.38 |
| 2. Modulación banda base | Pág.38 |
| 2.1 Banda base | Pág.39 |
| 2.2 Señal en banda base unipolar | Pág.41 |
| 2.3 Señal en banda base polar | Pág.42 |
| 3. Espectro de una señal | Pág.43 |
| 4. Transmisión de datos a través de redes | Pág.46 |
| 4.1 Transmisión de datos a través de redes | Pág.47 |
| 4.2 Transmisión de datos en una red digital | Pág.51 |
| 5. Tipos de modulación de datos | Pág.54 |
| 5.1 Modulación en amplitud ASK | Pág.58 |
| 5.2 Modulación en frecuencia FSK | Pág.61 |
| 5.3 Modulación en fase PSK | Pág.67 |
| 5.4 Programa de constelación | Pág.69 |
| 5.5 Tren de símbolos y formas de ondas asociadas | Pág.72 |
| 6. Multiplexación | Pág.78 |

| | |
|---|---------|
| 6.1 Multiplexación por división de frecuencia (FDM) | Pág.80 |
| 6.2 Multiplexación por división de longitud de onda (WDM) | Pág.90 |
| 6.2.1 Transmisores | Pág.91 |
| 6.2.2 Multiplexadores y demultiplexadores | Pág.92 |
| 6.2.3 EFDA | Pág.90 |
| 6.2.4 ODMA | Pág.92 |
| 6.2.5 Categorías | Pág.93 |
| 6.2.6 Ventajas | Pág.96 |
| 6.2.7 Sistema DUSAC | Pág.97 |
| 7. Multiplexación síncrona por división del tiempo (TDM) | Pág.98 |
| 7.1 TDM síncrona | Pág.99 |
| 7.2 Aplicaciones de la multiplexación síncrona TDM | Pág.106 |
| 8. Multiplexación estadística por división en el tiempo | Pág.109 |
| 9. Técnica del espectro expandido | Pág.111 |
| 10. Transmisión de datos | Pág.112 |
| 10.1 Componentes del sistema de transmisión de datos | Pág.115 |
| 10.2 Naturaleza de la información en sistemas digitales | Pág.116 |
| 10.2.1 Texto | Pág.116 |
| 10.2.2 Números y sistemas de numeración | Pág.121 |
| 10.2.3 Imágenes | Pág.132 |
| 11. Flujos de datos | Pág.135 |
| 12. Transmisión de datos: protocolos y estándares | Pág.137 |
| 12.1 Modelo OSI | Pág.139 |
| 13. Redes | Pág.143 |
| 13.1 Rendimiento | Pág.144 |
| 13.2 Fiabilidad | Pág.145 |
| 13.3 Seguridad | Pág.146 |
| 14. Atributos de red y estructuras físicas | Pág.148 |
| 14.1 Tipos de conexiones entre dispositivos | Pág.148 |
| 14.2 Punto a punto | Pág.149 |
| 14.3 Multipunto | Pág.150 |
| 14.4 Topologías de red | Pág.152 |
| 14.4.1 Topología en malla | Pág.153 |
| 14.4.2. Topología en estrella | Pág.155 |
| 14.4.3 Topología en bus | Pág.160 |
| 14.4.4 Topología en anillo | Pág.162 |
| 15. Redes de datos: objetivos y clasificación | Pág.167 |
| 15.1 Redes corporativas | Pág.168 |
| 15.2 Objetivos de las redes de comunicación de datos | Pág.171 |
| 15.3 Redes conmutadas | Pág.174 |
| 15.4 Redes no conmutadas | Pág.177 |
| 15.5 Métodos de comunicación en redes conmutadas | Pág.179 |
| 15.6 Redes de datos con conmutación de circuitos | Pág.180 |
| 15.7 Redes de datos con conmutación de mensajes | Pág.184 |
| 15.8 Redes de datos con conmutación de paquetes | Pág.186 |
| 16. Proceso de conversión analógico a digital | Pág.188 |
| 16.1 PCM Modulación por codificación de pulsos | Pág.188 |

| | |
|---|---------|
| 16.1.1. Frecuencia de muestreo. Teorema de Nyquist | Pág.190 |
| 16.1.2. Cuantificación de la señal | Pág.190 |
| 16.1.3 Proceso de codificación | Pág.194 |
| 16.1.4 Proceso de decodificación | Pág.195 |
| 16.1.5 DM: Modulación delta | Pág.197 |
| 17. Transmisión digital | Pág.199 |
| 17.1 Transmisión digital en paralelo | Pág.200 |
| 17.2 Transmisión digital en serie | Pág.200 |
| 17.3 Transmisión en serie asíncrona | Pág.202 |
| 17.4 Transmisión síncrona | Pág.204 |
| 17.5 Transmisión en serie isócrona | Pág.205 |
| 17.6 Sincronización | Pág.205 |
| 17.7 Jitter | Pág.207 |
| 18. Transporte de datos en redes de comunicación: modelos | Pág.209 |
| 18.1 Niveles | Pág.210 |
| 18.2 OSI | Pág.213 |
| 18.2.1 Niveles y subgrupos | Pág.214 |
| 18.2.2 Funciones de cada uno de los niveles en OSI | Pág.216 |
| 18.3 Protocolo TCP/IP | Pág.229 |
| 18.3.1 Nivel de red en TCP/IP. Protocolo IP | Pág.231 |
| 18.3.2 Nivel de transporte | Pág.236 |
| 18.3.3 Nivel de aplicación | Pág.237 |
| 18.3.4 Direccionamiento en protocolos TCP/IP | Pág.237 |
| 19. Imperfecciones asociadas a la transmisión de señales | Pág.243 |
| 19.1 Atenuación | Pág.243 |
| 19.2 Distorsión | Pág.246 |
| 19.3 Ruido | Pág.247 |
| 20. Velocidad de transmisión de datos o bitrate | Pág.248 |
| 20.1 Ancho de banda | Pág.251 |
| 20.2 Rendimiento de canal o Throughput | Pág.251 |
| 20.3 Latencia | Pág.251 |
| 21. Características de la transmisión digital | Pág.255 |
| 21.1 Codificación de línea | Pág.255 |
| 21.2 Variaciones de la línea base y componentes DC | Pág.260 |
| 21.3 Codificación de línea, clasificación de esquemas | Pág.262 |
| 21.3.1 Codificación de línea unipolar | Pág.262 |
| 21.3.2 Codificación de línea polar | Pág.263 |
| 21.3.3 Codificación de línea bipolar | Pág.269 |
| 21.4 Esquemas multinivel | Pág.272 |
| 21.4.1 Esquemas multinivel 2B1Q | Pág.273 |
| 21.4.2 Esquemas multinivel 8B6T | Pág.275 |
| 21.4.3 Esquemas multinivel 4D-PAM5 | Pág.276 |
| 21.4.4 Esquemas multinivel MLT-3 | Pág.277 |
| 21.4.5 Codificación de bloques o codificación mB/nB | Pág.278 |
| 21.4.6 Codificación de bloques 4B/5B | Pág.279 |
| 21.4.7 Codificación de bloques 8B/10B | Pág.281 |

| | |
|---|---------|
| 21.5 Técnicas de aleatorización para transmisiones a larga distancia | Pág.282 |
| CAPITULO TRES: Transmisiones vía satélite en banda Ku. | Pág.286 |
| 1. Satélites de comunicación en órbita GEO para producción de televisión. Operación | Pág.287 |
| 2. Parámetros de localización de un satélite. | Pág.288 |
| 3. Bandas de frecuencia usadas en transmisión vía satélite | Pág.290 |
| 4. Características de la banda satelital | Pág.291 |
| 5. Operación | Pág.292 |
| 6. Transpondedores | Pág.292 |
| 7. Canales | Pág.293 |
| 8. Polarización | Pág.294 |
| 8.1 Polarización lineal | Pág.295 |
| 8.2 Polarización circular | Pág.296 |
| 9. Cobertura Hispasat 1D | Pág.298 |
| 10. Arquitectura de sistemas de comunicación por satélite | Pág.300 |
| 11. Cadena de transmisión y recepción | Pág.301 |
| 11.1 Cadena de transmisión TX | Pág.302 |
| 11.1.1 Proceso de codificación | Pág.302 |
| 11.1.2 Parámetros básicos de configuración de un codificador | Pág.304 |
| 11.1.3 Salida del codificador | Pág.304 |
| 11.1.4 Modulador | Pág.305 |
| 11.1.4.1 Frecuencia de la portadora | Pág.306 |
| 11.1.4.2 Symbol Rate | Pág.307 |
| 11.1.4.3 Relación entre Symbol Rate, ancho de banda y bitrate | Pág.307 |
| 11.1.4.4 FEC | Pág.308 |
| 11.1.5 Up-converter (U/C) | Pág.309 |
| 11.1.6 Parámetros de modulación. Ecuaciones | Pág.310 |
| 11.1.7 Amplificador | Pág.311 |
| 11.1.8 Tipos de cadenas de transmisión | Pág.311 |
| 11.1.8.1 Cadenas de transmisión TX con redundancia (1+1) | Pág.312 |
| 11.1.8.2 Cadena de transmisión TX con multiplexor | Pág.313 |
| 11.1.8.3 Cadena de transmisión TX con Remux | Pág.313 |
| 11.1.8.4 Cadena de transmisión TX con suma en frecuencia intermedia | Pág.314 |
| 11.1.8.5 Cadena de transmisión TX con suma en banda de satélite | Pág.315 |
| 12. Transmisión digital | Pág.315 |
| 12.1 Cabecera del PES/Header | Pág.317 |
| 12.2 Tablas PSI/SI | Pág.318 |
| 13. Codificación de canal | Pág.318 |
| 14. Tipos de modulación de señales digitales | Pág.319 |
| 15. Cadena de recepción | Pág.321 |

| | |
|--|---------|
| 15.1 LNB (Down converter) | Pág.322 |
| 15.2 Splitter de Banda L | Pág.324 |
| 15.3 Receptor digital de satélite | Pág.325 |
| 15.4 Demodulación | Pág.325 |
| 16. El estándar DVB-S2 | Pág.328 |
| 17. Conversores de frecuencia (Up converter) | Pág.329 |
| 18. Suma de dos portadoras | Pág.330 |
| 19. Interferencias | Pág.331 |
| 19.1 Interferencias por polaridad cruzada | Pág.331 |
| 19.2 Interferencias por invasión de canal | Pág.331 |
| 19.3 Interferencias solares | Pág.331 |
| 20. Amplificación HPA | Pág.332 |
| 21. Líneas de transmisión | Pág.334 |
| 21.1 Guía de onda | Pág.335 |
| 22. Antenas parabólicas | Pág.336 |
| 22.1 Características de las antenas parabólicas | Pág.336 |
| 22.2 Tipos de antenas | Pág.337 |
| 22.2.1 Foco centrado | Pág.337 |
| 22.2.2 Antenas offset | Pág.338 |
| 22.2.3 Cassegrain | Pág.339 |
| 22.2.4 Gregorian | Pág.340 |
| 23. Huella del satélite. PIRE | Pág.341 |
| 23.1 Huella | Pág.343 |
| 24. Proceso de alineamiento (line up) | Pág.344 |
| 25. Ejemplo de plan de transmisión | Pág.345 |
| CAPÍTULO CUATRO: TRANSMISIONES MEDIANTE RADIOENLACES TERRESTRES | Pág.349 |
| 1. Transmisiones terrestres: enlaces microondas | Pág.350 |
| 2. Plan de frecuencias | Pág.357 |
| 3. Centro Nodal | Pág.360 |
| 4. Centros Nodales en España | Pág.369 |
| 5. Conexión del Centro Nodal principal o cabecera de red con la estación terrena | Pág.376 |
| 6. Otros Centros Nodales en el mundo | Pág.379 |
| 7. El ejemplo de FORTA | Pág.382 |
| CAPÍTULO CINCO: TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA | Pág.386 |
| 1. Comunicaciones por fibra óptica | Pág.387 |
| 1.1 Evolución histórica | Pág.387 |
| 1.2 Funcionamiento teórico de las transmisiones por fibra óptica | Pág.395 |
| 1.2.1 Refracción | Pág.395 |
| 1.3 Capacidad de los sistemas de transmisión por fibra óptica | Pág.401 |
| 1.3.1 Ancho de banda | Pág.401 |
| 1.3.2 Pérdidas, interferencias y resistencia | Pág.403 |
| 2. Tamaño de la fibra óptica | Pág.405 |
| 2.1 Materiales aplicados en la fabricación | Pág.405 |

| | |
|--|---------|
| 3. Fuentes ópticas | Pág.406 |
| 3.1 Diodos electroluminiscentes (LED) y láseres | Pág.409 |
| 3.1.1 LED tipo Burrus y Dawson de superficie | Pág.410 |
| 3.1.2 LEDs de emisión por esquina (ELED) | Pág.411 |
| 3.2 Los diodos láser | Pág.411 |
| 3.2.1 Tipos de láseres | Pág.418 |
| 3.2.1.1 Láseres de unión | Pág.418 |
| 3.2.1.2 Láseres de heteroestructura (SH) | Pág.419 |
| 3.2.1.3 Láseres de doble heteroestructura (DH) | Pág.420 |
| 3.2.1.4 Láseres con geometría ranurada | Pág.421 |
| 4. Detectores ópticos | Pág.425 |
| 4.1 Fotodetectores PIN | Pág.426 |
| 4.2 Fotodiodos de avalancha APD | Pág.428 |
| 4.3 Fotodiodos APD de germanio | Pág.429 |
| 4.4 Fotodiodos AP de InGaAs | Pág.430 |
| 5. Otros detectores PIN-FET | Pág.431 |
| 6. Tipos de fibras ópticas | Pág.432 |
| 7. Fibras monomodo | Pág.442 |
| 8. Fibras multimodo | Pág.445 |
| CAPÍTULO SEIS: REDES INALÁMBRICAS | Pág.452 |
| 1. Redes inalámbricas | Pág.453 |
| 1.1 Redes de área local inalámbrica | Pág.453 |
| 1.2 Redes de radio celular o redes de telefonía móvil | Pág.454 |
| 2. Diseño de una red celular | Pág.457 |
| 2.1 Subsistema de radio RSS | Pág.457 |
| 2.2 Subsistema de red y conmutación NSS | Pág.458 |
| 2.3 Subsistema de operación OSS | Pág.459 |
| 3. Evolución de la red celular GSM: GPRS | Pág.461 |
| 4. La red celular de 3ª generación UMTS : 3G | Pág.462 |
| CAPÍTULO SIETE: NUEVAS TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN. EL MODELO LIVE U | Pág.464 |
| 1. El modelo LIVE U | Pág.465 |
| CAPÍTULO OCHO: LA (RE) EVOLUCIÓN DE LAS TRANSMISIONES DE CONTENIDOS : LA BANDA Ka | Pág.477 |
| 1. Transmisión a través de satélites en banda Ka | Pág.478 |
| 1.1 Algunos satélites en banda Ka | Pág.479 |
| 1.2 Eutelsat Ka-sat a 9º Este | Pág.481 |
| 1.3 Avanti Hylas-2 a 31º Este | Pág.484 |
| 1.4 Arabsat 5C a 20º Este | Pág.485 |
| 2. Producción de antenas motorizadas en banda Ka | Pág.487 |
| 3. Construcción e integración de equipos en vehículos SNG en banda Ka | Pág.488 |
| 4. Proveedores de servicios e banda Ka. | Pág.490 |
| 5. La tecnología en banda Ka aplicada en el satélite Yahsat | Pág.494 |
| 6. Ka vs Ku | Pág.496 |
| 7. VSAT | Pág.504 |
| 8. Reutilización de frecuencias | Pág.508 |

| | |
|--|---------|
| CAPÍTULO NUEVE: CONTROL CENTRAL (MCR) COMO CORAZÓN DEL SISTEMA. NUEVAS ARQUITECTURAS | Pág.511 |
| 1. Control Central como corazón del sistema | Pág.512 |
| 2. Nueva arquitectura MCR | Pág.525 |
| CAPÍTULO DIEZ. INFORMATICOS CUATRO Y CNN+. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS APLICADAS A LA TRANSMISIÓN DE CONTENIDOS DE PRODUCCIÓN | Pág.529 |
| 1. Dos cadenas hermanas adelantadas a su tiempo | Pág.530 |
| 1.1 El proyecto | Pág.530 |
| 1.2 la liberación y avance que supuso los envíos FTP | Pág.531 |
| 1.3 El reto: conexión en directo por Internet sin limitaciones ni retardo | Pág.534 |
| 1.4 Las delegaciones y coberturas internacionales | Pág.539 |
| 1.5 La evolución de las conexiones por BGAN | Pág.545 |
| 1.6 Los dos grandes éxitos | Pág.546 |
| 1.7 Reflexiones finales. Las cadenas que se adelantaron a su tiempo | Pág.549 |
| CAPÍTULO ONCE: TRANSMISIÓN DE SEÑALES POOL: LA IMPORTANCIA DEL IBC COMO CENTRO DE COMUNICACIONES | Pág.551 |
| 1. Características de la señal pool | Pág.553 |
| 2. IBC: Internacional Broadcaster Center | Pág.558 |
| 3. 17Th Asian Games Incheon | Pág.563 |
| 3.1 El centro de prensa | Pág.567 |
| 3.2 IBC como centro de operaciones broadcast | Pág.572 |
| 3.3 Servicio de noticias | Pág.576 |
| 3.4 Generación de la señal pool | Pág.577 |
| 4. FIFA TV División: El organismo generador de señales pool | Pág.580 |
| 4.1 Host Broadcaster Service (HBS) | Pág.582 |
| 4.2 Plataformas de información | Pág.584 |
| 4.3 Plan de producción | Pág.589 |
| 4.4 Filosofía de producción aplicada a la señal pool | Pág.592 |
| 4.5 Nuevas cámaras en producción de la señal pool | Pág.594 |
| 4.6 Plan de realización de la señal pool | Pág.595 |
| 4.7 Multi FEED production | Pág.599 |
| 4.8 Clean Stadium FEED (CSF) | Pág.599 |
| 4.9 Conclusiones relativas al servicio multi FEED | Pág.600 |
| 4.10 Distribución de la señal multi FEED | Pág.603 |
| 4.11 Escaleta de contenidos de la señal pool BIF/ESF y Clean Stadium FEED | Pág.605 |
| 4.12 Diferencias entre la señal pool ESF y la señal EBIF Show | Pág.609 |
| 4.13 FEED Highlights permanentes | Pág.610 |
| 4.14 Mobile Match FEED | Pág.611 |
| 4.15 Audio: plan de producción | Pág.615 |
| 4.16 Gráficos | Pág.622 |
| 4.17 Autopromociones | Pág.625 |

| | |
|--|---------|
| 4.18 FIFA MAX Server | Pág.625 |
| CAPÍTULO DOCE: EL MODELO LIVE! | Pág.628 |
| 1. El proyecto LIVE! : la génesis | Pág.629 |
| 1.1 LIVE! agencia de noticias en directo | Pág.629 |
| 1.2 Producción | Pág.632 |
| 1.3 Equipos de transmisión | Pág.633 |
| 1.4 Sede central, equipos de recepción y conexiones | Pág.634 |
| 2. Señales LIVE! en España | Pág.635 |
| 3. Clientes | Pág.639 |
| 4. Consideración final | Pág.639 |
| 5. El modelo LIVE!: desarrollo del proyecto en EL PAIS | Pág.640 |
| 6. El modelo LIVE!: transmisión de contenidos a través de las nuevas tecnologías de conectividad | Pág.646 |
| 6.1 Descripción técnica, nuevos sistemas de contribución IP-DSNG | Pág.646 |
| 6.1.1 Sobre los equipos actuales | Pág.647 |
| 6.1.2. Descripción general del nuevo servicio | Pág.647 |
| 6.1.3 Innovación del nuevo servicio | Pág.647 |
| 6.2 Ventajas del nuevo servicio | Pág.648 |
| 6.3 Comparativa, características técnicas y funcionales | Pág.649 |
| 6.4 Comparativa de costes | Pág.651 |
| 6.5 Descripción técnica de los nuevos modelos | Pág.652 |
| 6.6 LIVE!: el último desarrollo | Pág.659 |
| CAPÍTULO TRECE: CONCLUSIONES | Pág.665 |
| Bibliografía | Pág.671 |
| Anexos | Pág.679 |

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Presentación general de la tesis doctoral.

La (re) evolución de los sistemas de transmisión de contenidos aplicados a la producción de programas de televisión. El modelo LIVE!, que es el título de este trabajo que se presenta a la comunidad académica, tiene en su propia estructura sintáctica toda una declaración de intenciones.

No se trata de un ejercicio retórico el hecho de introducir en la primera parte del título un juego de palabras, con una de una de ellas además entre paréntesis, sino más bien quiere ser una definición del momento que está atravesando la industria audiovisual en lo relativo a la transmisión de contenidos.

El diccionario de la RAE, define el término evolución con varias acepciones:

- *Acción y efecto de evolucionar*
- *Cambio de forma*
- *Serie de transformaciones que van experimentando la naturaleza y y los seres que la componen*

E introduce el concepto de evolución biológica como “*el proceso de transformación de las especies a través de cambios producidos en sucesivas generaciones*”

En efecto, el sector de las telecomunicaciones dedicado a la transmisión de contenidos para televisión, se encuentra en un proceso evolutivo, ya que en él, se están dando de alguna manera la definición de la expresión, puesto que observa como los nuevos modelos de producción le obligan a evolucionar con el objeto de adaptarse a los requerimientos que sus clientes exigen, observa como esa inevitable evolución tiene como consecuencia un cambio de forma, de prototipos y flujos de trabajo y, por último como se van produciendo una serie de transformaciones en la naturaleza del negocio y del servicio prestado que le obligan a desarrollar otros patrones que se ajusten con mayor medida a la demanda del mercado audiovisual.

Las técnicas y métodos aplicados a la realización y elaboración de contenidos audiovisuales han sufrido un cambio significativo en los últimos tiempos, y no solo en lo referente a su producción, sino también a las ventanas de emisión que

los albergan a los medios y tecnologías destinadas a su transporte. Hemos visto como han ido surgiendo espacios contenedores de producción audiovisual en la red y como Internet se ha introducido en la vida cotidiana de los ciudadanos, no solo en el manejo de las herramientas y conceptos de operación precisos para una satisfactoria navegación en la nube, sino en las aplicaciones y *site* que han aparecido por doquier para que, con ellas presentes en el día a día, cobre realmente valor la idea tan extendida y usada, de la sociedad de la información.

Las nuevas ventanas de emisión, ubicadas en ese mundo virtual que es la red, están cada vez más vigentes y tienen cada vez más importancia en el modelo productivo. Tanto es así, que los medios de comunicación y compañías que han impulsado su desarrollo e implantación se encuentra en un callejón sin salida, o mejor en una situación de no retorno en la cual, ineludiblemente, han de conseguir los réditos necesarios para que el no retorno no se convierta en realidad en su desaparición. Es muy posible, al respecto, que estemos viviendo un momento en el cual la conjunción de información y rentabilidad se necesiten transcendentalmente. Por un lado, el aluvión de contenidos que buscan un espacio donde ubicarse –y los encuentran con relativa facilidad- y por otro la imperiosa necesidad de una industria que urge a encontrar los procedimientos adecuados como para rentabilizar los costes implicados en el proceso los cuales, por el contrario, son tremendamente complicados ante un inmenso mercado muy limitado presupuestariamente.

Es por consiguiente, ante esa tesitura, en un escenario exorbitante, en el que millones de webs y aplicaciones se alojan en el mundo etéreo de Internet, encontrar los mecanismos esenciales para convertirlas en productivas. En este aspecto, las tradicionales cadenas de televisión broadcast, los broadcasters como se le denomina, han de sumarse a la transformación ante la aparición de los contenidos transmedia, de la información digital, el entretenimiento en forma de video juegos, plataformas digitales de contenidos, comercio on line, canales temáticos virtuales, desarrollos narrativos más allá de la estructura narrativa del guion principal, spin off digitales, merchandising paralelo, y un largo etcétera que detona la confortabilidad de un mercado que llegó a pensar que había alcanzado la meta como indiscutible triunfador.

Este acontecimiento previsible, obliga a los actores protagonistas de la obra no solo a releer con más intensidad y concentración el texto, sino a buscar en él segundas lecturas que ayuden a entender la idea central. Los broadcasters tienen que retomar el pasado, como pieza fundamental en la comprensión de la evolución en la que están inmersos, para poder reinterpretar el momento actual en el que es urgente aplicar la transformación de los modelos productivos que los nuevos tiempos reclaman.

Regresando al principio de esta introducción, cuando se afirma en ella que el título de esta tesis no es un ejercicio retórico, al encontrarse dos palabras con

distinto sentido separadas que unidas, (re) y evolución, ambas al agregarse conforman una nueva con un sentido al que la RAE define como

Revolución: Cambio rápido y profundo en cualquier cosa

En verdad, el sentido de la palabra define perfectamente los acontecimientos que se están produciendo, con lentitud, pero inexorablemente, en la industria audiovisual. El alcance la palabra revolución implica, como vemos, un cambio rápido e incluso otros significados del término lo define como violento, Una revolución es rápida y violenta, ya que necesita de ambos conceptos para implantar el cambio profundo que persigue. En el caso que nos ocupa ninguna de los dos se producen en estos momentos. Es más una transformación que una revolución, aunque finalmente el objetivos sea el mismo, un cambio profundo en los procesos. La industria audiovisual no puede mirar hacia otro lado cuando el desarrollo tecnológico está presente en la sociedad. No puede anclarse en arquetipos tradicionales de operación, cuando los ciudadanos aplican en su quehacer diario la innovación que la ciencia les brinda. No puede blindarse tras una trinchera y excusarse en la seguridad, en la calidad o en la importancia de asegurar su producción, cuando sin embargo, corre detrás de una imágenes de bajísima calidad, grabadas con un teléfono móvil de baja factura, con una cámara de poca o nula calidad, pixeladas, sin audio o inaudible, solo porque contienen la noticia del año. Puede hacerlo, de hecho lo hace y debe de hacerlo, por descontado, porque la dicotomía está servida, el debate abierto. En esos casos, la inmensa fuerza del contenido está por encima de la calidad de la imagen, nadie lo pone en duda, y todos asistimos atónitos a la contundencia del mensaje. Pero este ejemplo, no debería de servir para hacer extensivo un estándar de calidad – o de ausencia de la misma- a procesos que rompen las viejas estructuras, que exploran nuevos territorios, que conquistan espacios inexplorados y fértiles.

El Universo Informativo, compuesto por las galaxias de los medios de comunicación especializados, por la extensión digital de sus ediciones impresas, las cuales son cada vez más potentes, enriquecedoras, rápidas y profundas (¿(re) evolución?) en contenidos relacionados con el tiempo que nos toca vivir, o los programas de información y entretenimiento de las cadenas generalistas, entre otros, llevan persiguiendo denodadamente un paraíso soñado al que le han puesto nombre y que se llama : periodismo ciudadano.

La pretensión de que cada ciudadano lleva un *arma* informativa consigo, que es su dispositivo móvil, con el cual puede retratar y recoger aquello que acontece en su devenir cotidiano, es perseguir la (re) evolución en las costumbres de aquellos que son considerados receptores más que emisores, es subvertir el orden establecido de emisor y receptor del mensaje, es transformar el flujo de producción, introducir agentes nuevos en la factura del producto final.

Como el propósito tiene significado, la ciencia tecnológica estudia patrones y prototipos que hagan posible la idea. Estudia y prueba, prueba y estudia, desarrolla de redes rápidas, que son aprovechadas por el protagonista para su propio beneficio, aprovecha redes inteligentes para implementar velocidad y seguridad, y en definitiva calidad. Compresión, modulación, codificación, son productos y conceptos teóricos que se aplican con eficiencia al sistema, en los que se avanza sin pausa, se investiga, se experimenta sin sosiego. La sociedad demanda, requiere que la tecnología abra camino, cercene la maleza, despeje el horizonte, para que las empresas del sector la apliquen sin demora, con el fin último de unir, educar, informar entretener. La ciencia da respuesta y el ciclo vuelve a comenzar de nuevo.

Se da el hecho de que aquellos que son parte de esa vorágine productiva y que ejerce sus funciones en entorno broadcast de producción audiovisual se ven irremediamente arrollados, como si un torrente inesperado les arrastrase sin remedio, por un cosmos tecnológico que aparece repentinamente permutando un estatus que parecía inamovible. Junto con esta manifestación abrumadoramente técnica aparecen nociones desconocidas que se asientan en el ideario común, y que comienzan a ser parte de un vocabulario completamente desprovisto de sentido. Los nuevos conceptos que surgen y que comienzan a formar parte de la evolución en la cadena productiva, se mudan a vocablos que emulan representar un idea pero vacía, sin significante, que todos incorpora a su vocabulario sin saber ni cuál es su etimología ni alcance.

2. Objeto de estudio

La tesis doctoral que se presenta, tiene como objetivo de estudio analizar los diferentes medios de transmisión de contenidos para televisión, tanto aquellos a los que vamos a denominar como tradicionales como otros que, paulatinamente se van abriendo paso en la industria, tratando de desplazar a los anteriores.

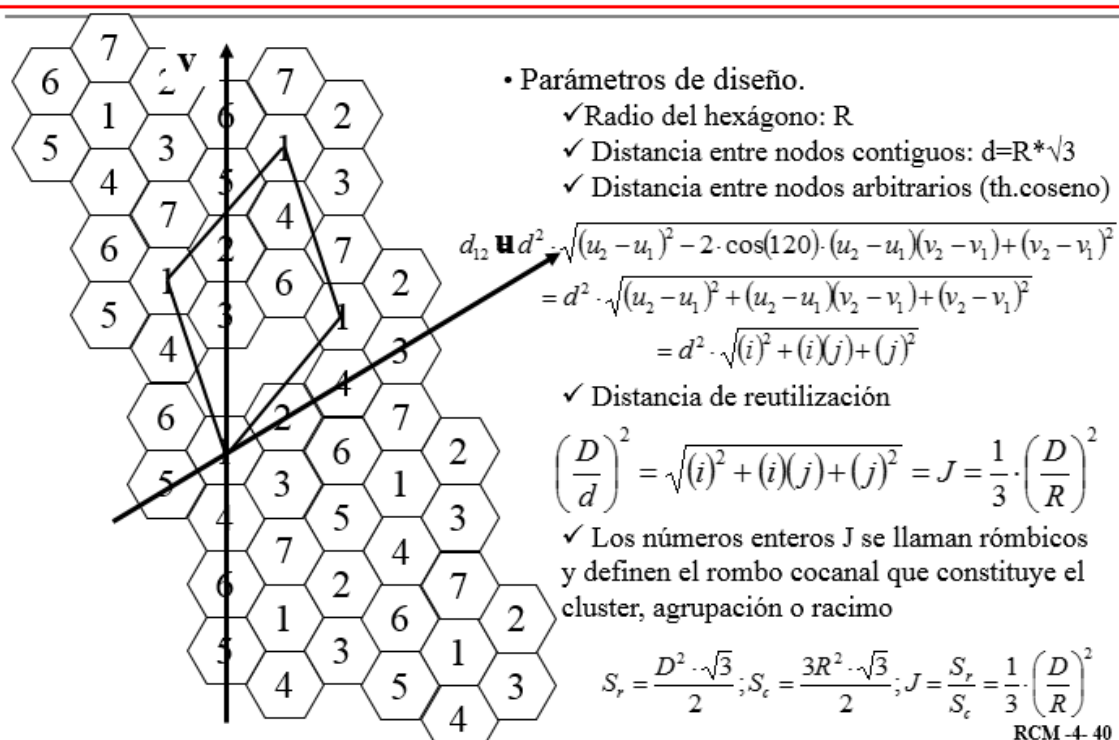
Es objeto de este trabajo, en primer lugar, definir muchos de los conceptos que hoy en día se utilizan en el sector de la producción de televisión. Como se apuntaba en la última parte de la introducción, creemos que es imprescindible que los profesionales que trabajan en los medios de comunicación, conozcan cuales son los procesos de producción que utilizan para la consecución de sus objetivos empresariales, que significado técnico tiene los términos con los que conviven en su vida profesional, y como pueden obtener de ellos el mejor rendimiento.

Uno de las características que debe de significar a un profesional de los medios hoy en día, es su capacidad creativa. Esta no debería reducirse al ámbito de generación de ideas y contenidos, sino que tendría que buscar nuevos campos

en los que aplicarse. Uno de ellos, es la tecnología. El hecho de que una gran parte de la estructura donde se sostiene el mundo de la creación sea un armazón tecnológico, obliga a aquellos que habitan ese cosmos a conocer las piezas y soportes que sustentan el todo. Es imprescindible conocer para crear, es indispensable saber para avanzar. Los expertos en producción de televisión tienen que romper las fronteras que les han cercado durante mucho tiempo, recluyéndoles como especialistas en un determinado campo o materia, impidiendo con esa estructura organizativa y jerárquica el acceso a otros conocimientos que están estrechamente relacionados con la esencia de la producción de televisión.

No se trata de que los integrantes de una redacción, periodistas, productores, realizadores, documentalistas, entre muchas categorías profesionales participantes en la cadena de producción sepan interpretar el siguiente esquema sobre telefonía celular,

GEOMETRÍA CELULAR (II)



Lo que correspondería, por otra parte, al Departamento de Ingeniería. Se trata de que aquellos conozcan en que consiste la distribución de celdas en redes inalámbricas, entre otras por dos poderosas razones, que no por enumerarlas en un determinado orden tienen más valor una que la otra. La primera porque en su cartera llevan un dispositivo celular de telefonía móvil, con lo que no estaría de más que supiesen como y de qué manera se transmite la señal de su teléfono. Puede ser cauda de sorpresa que los estudiantes de Grado de esta Facultad desconozcan por completo este asunto, cuando han nacido en la era digital y se mueven con habilidad por la red. No conocen, no solo como funciona la telefonía celular, sin que no saben qué significado tiene una red LAN, una conexión WiFi o que circula por las líneas ADSL que han contratado en su casa. Por no saber, desconocen que implica el flujo de datos contratados, qué significado tiene el acrónimo anterior, o por qué mejora la velocidad con una conexión de fibra. No conocen nada sobre el lenguaje digital, no entienden la diferencia entre TDT o televisión analógica, y ni han planteado como llega a su televisor el programa favorito Ni que decir tiene, que cuando nos adentramos en aplicaciones en la red, el tema se hace aún más confuso. Si no saben que es una WiFi, excepto que se pueden conectar a ella si está libre, ¿cómo vamos a pedirles que sepan cual es la ruta seguida para servir un video en su Tablet o smartphone? Nuestros estudiantes, futuros profesionales de la televisión, de una televisión, como industria cada vez más compleja, reciben una corta formación en Tecnología en sus cuatro años de carrera, en asignaturas cuatrimestrales que se imparten en los dos primeros años de carrera. Cuando acceden al mundo laboral y se insertan en equipos de trabajo en centros de producción broadcast, terminan por utilizar vocablos técnicos vacíos de significado para ellos, como apuntábamos anteriormente.

Asi podemos encontrar en cualquier televisión de este país, (y me atrevo a afirmar que las de la práctica totalidad de los países del mundo) a un profesional de medio (Productor, Realizado o Periodista) que canta los datos de bajada de un satélite a un operador técnico en su Control Central o en una DSNG (el cual es posible que sepa operar los IRDs pero no conozca el significado de los términos) con la siguiente retahíla:

Toma nota fulanito "... satélite Tal a 20º Este, downlink 12,437 mega hertzios Horizontal, symbol Rate 4,444 Msymbols/s FEC 4/3"

Dicho queda, y la señal, si los datos son correctos, bajada del satélite, pero, es más que probable que no sepa qué sentido tiene cada uno de los conceptos que ha soltado de principio a fin. Y no digamos si el plan de transmisión, el que tiene entre sus manos, es como el siguiente:

Domingo, 7 de noviembre de 2010

Tema: El Papa Benedicto XVI recorre las calles de Barcelona en “papa móvil” y celebra la Misa con la dedicación de la iglesia y altar de la Sagrada Familia.

Horario de transmisión: 08:45-13:30 HLE
Distribuida por: TV3-Collserola (terrestre), Satélite SD i Satélite HD
Datos satélite señal SD: Intelsat 905 74k Slot B
Datos bajada señal SD: 11472.500 H SR 6.111 FEC 3/4
Datos satélite señal HD: Intelsat 905 61k Slot EF
Datos bajada señal HD: 10999 V SR 13,333 FEC 3/4

08:45-08:55 Señal Test Identificativa

08:55-13:30 Señal Internacional realizada en 16:9
- Video: Internacional
- Audio 1: Internacional estereo
- Audio 2: Internacional estereo
Adicionalment en la transmissió HD
- Audio 3: Internacional Dolby E 5.1 + 2
- Audio 4: Internacional Dolby E 5.1 + 2

A fin de cuentas números a cantar y letras a reproducir.

Este es uno de los objetivos de este trabajo, como también lo es como objeto de estudio.

3. Objetivo del estudio.

- 3.1 Poner a disposición de la comunidad académica una visión lo más amplia posible de los sistemas de transmisión de contenidos que se utilizan en la actualidad en las cadenas de producción en televisión con un enfoque no excesivamente técnico, que permita asimilar los conceptos para todos aquellos miembros de la universidad, estudiosos e interesados en el tema que no hayan seguido unos estudios de ingeniería de telecomunicaciones o un grado en Redes.
- 3.2 Servir de apoyo bibliográfico a aquellos profesionales de los medios que manejan conceptos técnicos sin saber su valor intrínseco, su sentido tecnológico y su significado teórico, lo que les impide, con toda seguridad, trabajar y manejarlos con confianza, al fin de desarrollar su faceta creativa amparándose en la técnica, una combinación de éxito asegurado.
- 3.3 Poner en valor el avance y la (re) evolución que está evidenciando la introducción de nuevas tecnología de transmisión, las cuales aportan enormes posibilidades a la producción de contenidos, tanto desde el

punto de vista narrativo .Al respecto, que los generadores de contenidos pueda contar, con transmisiones en directo en movilidad, realizados en grandes radios de cobertura sin importar la existencia de una antena fija de recepción, o, el concurso de un helicóptero como receptor/emisor de la señal de tierra, o el hecho de poder desplazar equipos de producción a lugares inaccesibles para los medios tradicionales, para transmitir desde ellos señales en vivo, constituye una herramienta narrativa de primer orden.

3.4 Poner en valor, desde el punto de vista de costes de producción, la introducción de estos sistemas de transmisión. El empleo de las nuevas tecnologías, reduce considerablemente los costes asociados, ya que con su empleo se optimizan redes de transmisión de datos cuya finalidad primera era distinta a la que se persigue. El uso de la red como inmenso aglutinador de nodos y subredes conectadas, como canalizadora de la información a transmitir, rentabiliza la inversión de organismos públicos y privados en su desarrollo. Las redes de comunicaciones son también autopistas –a veces caminos rurales- por los que van a transitar los contenidos para televisión, que hasta el momento lo hacían – y seguirán haciéndolo- por redes satelitales, de radioenlaces terrestres o de fibra óptica dedicada. Porque el fin no es sustituir sino complementar.

3.5 Poner en valor la generación de señales pool como fondo de producción y contenidos común, a los cuales se accede según las necesidades de programación o conforme a una escala de posibilidades económicas. La globalización en la producción de contenidos en un mundo global, deja en evidencia ciertos aspectos relacionados con líneas editoriales interesadas ya que obliga al Host Broadcaster (como veremos en el capítulo correspondiente) a ofrecer una señal de enorme calidad pero aséptica ideológicamente, de tal forma que los receptores de la misma se sientan satisfechos de su factura y libres de consideraciones ideológicas. Este tipo de señales pool, son el germen de una gestación de contenidos de distribución universal, siempre y cuando cumpla con los requisitos anteriormente expuestos: calidad y neutralidad. Tanto para grandes como para pequeñas compañías de comunicación, sean en el ámbito broadcast o en el de Internet, estén dirigidas a entornos TDT y plataformas de pago, como a website de medios, canales youtube u otros, estas señales pool, que aún están por desarrollar, socializarán el acceso a los contenidos de interés general. Luego, es potestad de cada medio, con su talento y sus medios, dotar de personalidad y marca a unos contenidos de ámbito mundial.

4. Objeto de estudio.

- 4.1 Estudiar y analizar conceptos teóricos que son la base de otros técnicos que se utilizan en el ámbito de la producción audiovisual.
- 4.2 Estudiar y analizar la implementación de estos conceptos teóricos/técnicos en la industria audiovisual.
- 4.3 Conocer en profundidad los aspectos teóricos y técnicos de la operación en satélites en banda Ku, que son aquellos con los que industria audiovisual suele trabajar. Estudiar las ventajas e inconvenientes que esta tecnología tiene asociada.
- 4.4 Conocer y estudiar en profundidad los aspectos teóricos y prácticos relacionados con la fibra óptica como medio de transmisión que conforma la estructura mundial de redes de comunicación. Estudiar la ordenación de diferentes dispositivos que participan en la operación, así como sus ventajas e inconvenientes.
- 4.5 Estudiar la transmisión de contenidos mediante el uso de radioenlaces del sector terrestre. Estudiar las redes de radioenlaces en explotación, y su utilización por parte de los broadcasters. Conocer las funciones de los Centros Nodales como complejos sistemas de transmisión de contenidos, así como de emisores de la programación.
- 4.6 Estudiar la estructura técnica de la de la sala de Control Central (MCR) en las cadenas de televisión, así como su ordenación en cuanto a espacio técnico de recepción y transmisión de señales. Conocer como la introducción de las nuevas tecnologías de transmisión han obligado a rediseñar su estructura.
- 4.7 Estudiar la infraestructura, generación de contenido, y distribución del mismo en eventos de interés mundial, donde la producción de la señal pool es protagonista. Analizar si en eventos de esta envergadura es tan importante el contenido como la transmisión y distribución del mismo (¿lo es más?) La magnitud y complejidad técnica del IBC, donde

confluyen, medios de producción, generación de contenidos y redes de transmisión y distribución, pueden darnos una idea hasta y hacia donde podría avanzar una industria que desarrollase modelos semejantes. La idea de un ente global como fuente generador de temas audiovisuales, y, a su vez de un centro de operación asociado, transmisor/distribuidor/receptor común para todos, subyace en los planteamientos y ejemplos prácticos dedicados a este asunto en las páginas del capítulo correspondiente.

4.8 Estudiar la configuración de las redes inalámbricas de telefonía móvil de segunda, tercera y cuarta generación como antesala teórica para la comprensión y asimilación de la implementación de la transmisión en movilidad de contenidos para televisión a través de estas redes de telefonía móvil. Conocer como es el acceso a Internet desde estas redes, y cómo ha evolucionado su arquitectura en pos de una mayor velocidad de transmisión de datos.

4.9 Conocer las tecnologías de transmisión desarrolladas a través de redes inalámbricas. Estudiar los aspectos teóricos que soportan dicha tecnología, aplicándolos a desarrollos de equipos, funcionalidades de los mismos y ejemplos de producción de campo. Analizar los aspectos que conforman el *delay* o latencia de la transmisión, pieza clave para su implementación en la industria audiovisual.

4.10 Estudiar en profundidad la tecnología asociada a la transmisión de contenidos para televisión a través de los satélites de última generación en banda Ka. Estos satélites puestos en órbita para dotar de conectividad a Internet a grandes zonas geográficas mediante pequeños spots de gran potencia, están siendo contemplados por la parte más innovadores de la industria audiovisual, como complemento a las transmisiones a través de los tradicionales satélites en banda Ku. La optimización de estas redes satelitales en Ka para su uso como canales de comunicación en la producción de televisión es el objetivo de estudio de este capítulo.

4.11 La comparación entre la tecnología de transmisión en banda Ku y la correspondiente en banda Ka. Este análisis es un anticipo del que está produciendo en las cadenas de televisión de todo el mundo. Precisamente el título de esta tesis cobra sentido con este debate. La (re) evolución que se está produciendo en este aspecto está obligando a tanto replanteamientos como a adopción de medidas concretas que hagan posible la complementariedad, por el momento, de ambos sistemas. Indudablemente, ninguno de los dos puede en estos momentos desplazar al otro, y máxime con la irrupción de una variante a ambos que complementa a los dos, como es el caso de las transmisiones satelitales en banda Ku IP.

4.12 Estudiar el modelo que adoptó Informativos Cuatro/CNN+ La innovación tecnológica que en su momento se desarrolló para la transmisión de contenidos en ambas cadenas, constituyó un hito en su tiempo y demostró como ambas cadenas se adelantaron muchos años a su tiempo. Cuando hoy en día, las cadenas de televisión son recelosas en cuanto a la introducción de las nuevas tecnologías de transmisión en su cadena de producción, temerosas de resultados inciertos (¿?) apegadas a modelos tradicionales como la banda Ku y mucho más costosos, que suponen y sienten como más seguros (¿?) CNN+ en el año 2008 fue lo suficientemente osada –y profesional- como para salir a la palestra y comenzar a transmitir con medios no convencionales a través de la red. Fueron años de estudio y pruebas previas, de prueba/error, hasta que por fin, se dio el paso, que constituyó un gran éxito. Cientos de miles de euros en rebaja de costes, accesibilidad a localizaciones de difícil acceso- o imposibles como se verá en el capítulo correspondiente- fueron algunos de los logros conseguidos. Para una cadena de información 24 horas, donde cada una de las ediciones, desde la primerísima de la mañana hasta la última de la noche, demandaban conexiones en directo con sus corresponsales, las zonas calientes o los puntos de interés informativo, todas realizadas inevitablemente en la única tecnología de transmisión presente en el mercado, la satelital y costosa banda KU, la introducción de nuevas tecnologías de transmisión en la cadena de producción fue una revolución (sin (re)), un alivio de gran magnitud para sus presupuestos y una mejora notabilísima en sus contenidos. El cierre de la cadena y la absorción de Cuatro por Mediaset enterró en vida todo el desarrollo tecnológico y los avances en la materia, cayendo todo ello en el olvido al no tener la debida continuidad en el nuevo grupo de comunicación. Uno de los objetivos/objeto de estudio de esta tesis doctoral es recuperar para siempre, y dejar constancia, lo que significó toda aquella investigación, aprendizaje y formación para poner en valor una nueva forma de transmitir contenidos, fiable, segura y de muy bajo coste. En reconocimiento al esfuerzo, dedicación y fe de los equipos de Ingeniería, Explotación, Producción de ambas cadenas, aquí queda impreso para las futuras generaciones.

4.13 Objeto de estudio es el modelo LIVE!, empresa constituida en el año 2012 por integrantes de Informativos Cuatro y CNN+ que nació con la intención de proponer nuevos modelos de negocio en los cuales las nuevas tecnologías fueran protagonistas. Con varios objetivos muy definidos. La innovación tecnológica como primer valor. El mundo de la información digital requería en aquellos momentos de modernos

prototipos que impulsaran el acercamiento de los usuarios a sus ediciones digitales. Por otro lado, las agencias de noticias estaban anquilosadas en arquetipos muy conservadores, aportando muy poco a la cadena de valor de la información. Las nuevas ventanas de emisión, como podían ser las páginas web de los medios, o las aplicaciones para Smart TV y televisiones conectadas, carecían de contenidos atractivos para sus usuarios únicos, moderno término para designar a la audiencia. LIVE! encontró un modelo sugerente que podía distinguir a los flamantes medios digitales, tal y como eran las señales en directo de acontecimientos de interés general, concepto muy cercano al de las señales pool analizado anteriormente, de ahí el nombre de la empresa.

- 4.14 Objeto de estudio de esta tesis doctoral es la arquitectura diseñada al efecto por LIVE! para replicar la cadena de producción de una compañía broadcaster aplicando nuevas tecnologías de transporte, recepción, motorización, ingesta, almacenamiento, edición, archivo y emisión, con parecidas funcionalidades pero con costes que fuesen asumibles por medios de comunicación que ni eran televisiones ni tenían intención de serlo y con el hándicap añadido de unos exiguos ingresos procedentes de un mercado publicitario que no sabía, ni intuía, como rentabilizar los contenidos audiovisuales en las web.
- 4.15 Estudiar el modelo LIVE! en cuanto a la investigación en el campo de los nuevos sistemas de transmisión, y como producto del estudio la aplicación del marco teórico en la cadena de producción con la puesta en marcha de unidades móviles específicas de enlace vía satélite en banda Ka, con recepción directa en servidores dedicados o CDN.
- 4.16 Analizar el avance esencial que en este campo ha supuesto la integración de equipos de movilidad de transmisión a través de redes inalámbricas LTE/4G con satélites en banda Ka. La fusión de ambas tecnologías ha dotado de mayor fiabilidad, seguridad y QoS (calidad de servicio) a las transmisiones de contenidos que usan la combinación de ambos sistemas. Indudablemente, los avances que se consigan a nivel particular por cada una de las dos tecnologías redundará en la fortaleza del conjunto. El trayecto está marcado, tan solo es cuestión de seguir la ruta que conduce a una (re) evolución en los sistemas de transmisión de contenidos aplicados a la producción de televisión.

- 4.17 Por último, antes de alcanzar las conclusiones, y para que estudio no se quede en un ámbito teórico, es objeto de estudio de esta tesis terminar con el análisis de un caso práctico como fue la transmisión de contenidos en directo para CNN Internacional a través de la combinación de las tecnologías Ka y LTE/4G desde el Hospital Carlos III de Madrid a raíz de la crisis del ébola, junto con una comparativa en la que se expone el supuesto de la producción de este evento producido con los medios tradicionales.

En definitiva, tanto los objetivos como el objeto de estudio examinan distintos aspectos de relacionados con los métodos empleados en los sistemas de transmisión. Al lector de este trabajo se le brinda una visión general de los distintos modelos, de los cuales puede colegir diversas ideas que pueden ser aplicadas a la factoría de producción de contenidos.

5. Hipótesis de la investigación.

Hipótesis: *“Que se establece provisionalmente como base de una investigación que puede confirmar o negar la validez de la misma”* (definición de la RAE)

La formulación de la hipótesis representa el fundamento que sustenta el curso de la investigación posterior. Tras el planteamiento de la cuestión principal, las hipótesis enunciadas permitirán alcanzar las conclusiones respecto al problema propuesto.

La hipótesis sugerida tiene como cometido determinar adecuadamente el proceso que se ha de desarrollar a continuación. Cuáles son las variables que han de analizarse y las relaciones que existen entre ellas, que permitan derivar los objetivos del estudio constituyéndose en la base de los procedimientos de investigación (Hayman 1974)

La hipótesis constituye un eslabón imprescindible entre la teoría y la investigación que conducen al descubrimiento de un hecho. Los argumentos manejados hacen suponer que éstos ocupan un lugar primordial en la investigación, al otorgar los ingredientes precisos que permitirán conseguir los datos necesarios que resolverán el problema planteado (Tamayo 1989)

La hipótesis tiene como propósito llegar a la comprensión del porqué entre dos elementos se establece algún tipo de relación, siendo una proposición respecto

a elementos empíricos y otros conceptos y sus relaciones mutuas, que emerge más allá de los hechos y las experiencias conocidas, con el propósito de llegar a una mayor comprensión de los mismos (Arias 1897)

La hipótesis no es únicamente la comprensión de la conjunción que se constituye entre los componentes de un problema, sino que es además la proposición de una posible solución al mismo.

Al respecto, Pardinas (1974) asegura que *“la hipótesis es una proposición anunciada para responder tentativamente a un problema”*

Otros autores reafirman lo anterior. Así, *“las hipótesis como posibles soluciones a un problema se expresan como generalizaciones o proposiciones, siendo enunciados que constan de elementos expresados mediante un sistema ordenado de relaciones que pretenden describir o explicar condiciones o sucesos aun no confirmados por los hechos”* Van Dalen (1974)

En cuanto a la hipótesis como relación entre dos o más variables, la misma es una expresión entre dichos supuestos, de tal manera que es una expresión conjetural de la relación entre ellos, apareciendo forma de oración aseverativa, relacionando de manera general unas variables con las otras (Kerlinger 1985)

Finalmente si consideramos a la hipótesis como método de comprobación, ésta es algo más que la disposición de relaciones entre elementos, o la solución a un problema, sino que también es una herramienta de comprobación de los supuestos planteados con la realidad. Al respecto: *“La hipótesis es una proposición o principio que se supone sin certeza con el fin de derivar sus consecuencias con hechos lógicos y, por este método, comprobar su concordancia con hechos conocidos o que puedan determinarse”* Abouhamad (1965: 74)

Por consiguiente, a la hora de formular la hipótesis de este trabajo, las encuadraremos en las distintas definiciones, ya que las que se plantean a continuación, concuerdan con las definiciones anteriores. Así:

5.1 Hipótesis como una posible solución a un problema

Hipótesis 1. Es indispensable que los equipos del área de Producción de las compañías Broadcaster, en primera instancia, y los que conforman las redacciones de los servicios informativos, deportes y programas en general, en segunda instancia, y sea cual sea su categoría y especialidad, conozcan y

entiendan los conceptos tecnológicos que manejan en sus tareas habituales, para acentuar sus capacidades de operación y creativas.

Hipótesis 2. Es esencial que los equipos de Producción de las compañías Broadcaster, en primera instancia, y los que conforman las redacciones de los servicios informativos, deportes y programas en general, tengan una perspectiva patente de los sistema de transmisión de contenidos aplicados a la producción de programas de televisión con el fin de asegurar el procedimiento más adecuado en cada caso y con ello optimizar los recursos de la compañía.

5.2 Hipótesis como relación entre variables

Hipótesis 3. Es cuestión principal que tanto los equipos directivos como los ejecutivos de las compañías Broadcaster, consideren como beneficiosas y favorables las distintas alternativas que la industria audiovisual tecnológica, en su vertiente más innovadora y avanzada, desarrolla en el campo de los sistemas de transmisión de contenidos aplicados a la producción de televisión, puesto que con su implementación en la cadena productiva la compañía conseguirá rendimientos notables tanto en el aspecto narrativo como en el económico.

Hipótesis 4. Es materia valiosa para las compañías dedicadas a la producción de contenidos y operación técnica, desarrollar replanteamientos sobre arquitecturas técnicas basadas en entornos broadcast para adecuarlas a entornos digitales y nuevas ventanas de emisión, en las cuales la cuenta de resultados se ve mediatizada por la dificultad que encuentra el sector publicitario para rentabilizar las inversiones realizadas en producto.

5.3 Hipótesis como método de comprobación

Hipótesis 5. Es importante trasladar a la industria audiovisual la relevancia de la producción de señales pool como nuevo modelo de negocio, dado que este tipo contribución de contenidos a nivel global hará posible el desarrollo sostenido de proyectos audiovisuales destinados a entornos digitales sin que los costes de producción lastren el propósito. Analizar, por consiguiente, el diseño de contribución y distribución de contenidos en eventos de gran envergadura para

colegir de los mismos los planteamientos a aplicar en otro tipo de acontecimientos de menor magnitud.

Hipótesis 6. Es primordial para las compañías dedicadas a la producción de contenidos y operación técnica, así como a los Broadcasters del sector, percibir como propicios los sistemas de transmisión de contenidos aplicados a la producción de televisión, en los cuales el empleo de nuevas tecnologías de transferencia de datos en los procesos de operación cobren especial protagonismo, derivando de experiencias concretas con terceros los rendimientos alcanzados por el uso de los mencionados sistemas.

Estas seis hipótesis evidencian las siguientes ideas:

1. Los equipos que componen las redacciones de los servicios informáticos, deportes y programas en general, manejan conceptos y términos técnicos sin conocer su significado intrínseco.
2. Lo anterior es especialmente elocuente en los equipos de Producción, los cuales, además, son los encargados de los diseños de producción y de la relación con los operadores dedicados a la transmisión de contenidos.
3. Vincularse con conceptos y términos técnicos sin dominar su alcance característico impide a estos equipos desplegar todas las posibilidades que se podrían obtener de ellos.
4. Los equipos de Producción no tienen una perspectiva efectiva de los nuevos sistemas de transmisión de contenidos, algo propiciado por varias causas, entre ellas la carencia de una bibliografía que compile y analice las características, ventajas, inconvenientes de cada una de ellas.
5. Los equipos de Producción necesitan de un marco que sea capaz de comparar en el análisis, los distintos sistemas de transmisión de contenidos desde un punto teórico-práctico
6. La falta de estrés en la partida dedicada a los enlaces/transmisión de contenidos en el presupuesto del área correspondiente, al considerar que los medios tradicionales de transmisión son los únicos que proporcionan la conectividad adecuada, sumada a la carencia de conocimiento sobre las particularidades y beneficios de los innovadores sistemas, propicia que los equipos ejecutivos de la compañías broadcast no busquen alternativas reales y fiables a los medios convencionales.
7. El hecho de que los canales 24 horas de información continua en el ámbito de las compañías con capital privado, donde el estrés anterior se produce en mayor medida que en las de titularidad pública, hayan desaparecido, favorece a una coyuntura donde la rebaja de costes en la partida

presupuestaria comentada anteriormente, no es contemplada con la asunción de nuevas técnicas de transmisión.

8. Aplicar los mismos esquemas de producción y operación que se emplean en las cadenas de televisión, a los entornos digitales, como website o televisión conectada, es una inexactitud que conduce a la no viabilidad de los proyectos audiovisuales previstos para su aplicación.
9. La carencia de bibliográfica en esta materia, que combine un marco teórico con experiencias implementadas en el mundo profesional es un obstáculo para la replantear nuevas arquitecturas de producción.
10. La falta de análisis comparativo en cuanto a la producción, contribución y distribución de contenidos globales de interés común, las conocidas como señales pool, deja en suspenso un modelo de negocio de enorme interés para la industria.
11. El vacío que existe tanto en el ámbito académico como en el profesional sobre experiencias llevadas a cabo en el pasado reciente por las cadenas de televisión Cuatro/CNN+ en lo relativo a sistemas de transmisión no convencionales, así como las emprendidas por otros Broadcaster recientemente, resulta elocuente y ralentiza la adopción de medidas que posibiliten la implantación de estas innovadoras tecnologías en el entorno broadcast.

Es objetivo de esta tesis doctoral dar respuesta a los problemas planteados, orientando el proceso investigador con el fin de obtener las pertinentes conclusiones que satisfagan las cuestiones enunciadas en diferentes hipótesis.

6. Marco situacional

Las televisiones que operan en la actualidad tienen ante sí un reto de enormes dimensiones. La fragmentación de la audiencia ante la constante aparición de ofertas programáticas, se están convirtiendo en un escenario de atomización parecida a la que provocaría una explosión.

Las cadenas generalistas que operan en el entorno TDT, se encuentran con que el desarrollo de tecnologías relacionadas con la conectividad a la red, no solo ha permitido una mejora considerable en los contenidos de la televisión por cable, sino la aparición en el mercado de nuevas plataformas de contenidos que operan en ese ámbito aprovechando la importante acrecentamiento de las redes de comunicación.

Las ofertas de televisión por cable y de las nuevas plataformas están proyectadas sobre contenidos temáticos, con un valor añadido como es el consumo VoD. La mayoría de los canales presentes en la oferta programática

de los mencionados operadores, se basa en tres pilares fundamentales: cine, series y deportes. Solo éste último contenido es apto para la aplicación de sistemas de transmisión.

Los deportes, como oferta temática, por consiguiente, constituyen un cosmos de contenido en el que caben distintas disciplinas y con ellas diferentes diseños de producción. No es el mismo planteamiento técnico y de recursos empleado en la producción de un partido de fútbol correspondiente a la competición de Champions League que un partido de voleibol. Indudablemente, los medios y sistema de transporte de señal han de ser en todo momento adecuados, y su dimensión la determinará el número de espectadores/abonados que concurran a la oferta. Por tanto, nunca podrán ser los mismos procesos de producción los empleados en uno en otro deporte, ya que en la ecuación

$$\text{recursos} + \text{calidad} / \text{espectadores} = \text{rentabilidad}$$

cada factor determina el modelo empleado.

La producción de los deportes denominados como minoritarios, en cuanto a demandantes de la oferta programática, son los más indicados para aplicar en ellos tecnologías de producción, realización y transmisión que den en la ecuación anterior un resultado positivo.

Además la progresiva implantación de las nuevas tecnologías llevadas a la producción de esa clase de eventos ofreciendo excelentes resultados en cuanto a calidad de imagen y fiabilidad en el transporte de la señal, propiciará la expansión del modelo hacia diseños de producción más ambiciosos.

Es por tanto, de gran interés para estos entornos temáticos el establecimiento de los mecanismos adecuados a lo largo de su cadena de producción que hagan posible la integración de sistema de producción y transmisión que ofrezcan la exigible cualidad de factura y una rebaja de costes significativa.

En cuanto a los programas de índole informativo, entre los que podemos catalogar, en este contexto de empleo de recursos, y junto a aquellos que informan de la actualidad a nivel general, a los programas magazine, los de corazón, los de información deportiva e incluso los de información meteorológica. Todos ellos tienen una clara vocación de emisión en directo, por lo que son los que hacen un uso más activo, y proactivo, de los medios de transmisión, ya que, en la mayoría de las ocasiones, la noticia se está produciendo mientras el programa se está emitiendo.

Por tanto, este tipo de programas deberían ser los destinatarios de una tecnología que les va a permitir cubrir más puntos noticiosos, hacerlo con medios en movilidad, mejorar en cuanto a la cobertura de los hechos que acaecen durante la emisión y rebajar sustancialmente los costes con un aumento de la oferta, lo que resultaría paradójico en otro entorno en el cual se aplicaran los modelos convencionales.

7. Marco teórico

- a. **Situación actual.** En estos momentos, el desarrollo de los nuevos sistemas de transmisión de contenidos aplicados en la producción de televisión se encuentra en un estado de desarrollo técnico, siendo un proceso escalonado la introducción de estas tecnologías en las cadenas de producción de las compañías broadcast.
- b. **Tendencias territoriales.** En este aspecto, en determinadas zonas del mundo la implantación de este tipo de sistemas es más importante que en otros. En cuanto al uso de equipos de transmisión a través de redes de telefonía inalámbrica, es determinante que la infraestructura de red sea de calidad y que en la misma se haya implantado la tecnología de cuarta generación. Esto se produce en los países más desarrollados como los que conforman la UE, EE UU y Japón. Respecto a la banda Ka, su desarrollo está más orientado a zonas geográficas que tienen un difícil acceso a los servicios la banda ancha e Internet. En España, nos encontramos con una red 4G cada vez más extendida después de la migración de los canales TDT hacia otras frecuencias, liberando las antiguas para la cuarta generación. Por esta razón, los sistemas de transmisión basados en redes inalámbricas de telefonía móvil están viviendo un relativo auge. Respecto a la banda Ka y KU IP, los Broadcasters comienzan a considerar las ventajas que lleva consigo esta tecnología. La posibilidad de transmitir directamente al CDN de los medios digitales, la convierten en especialmente adecuada para estos entornos.

c. Bases para la conformación del Modelo teórico.

c.1 Antecedentes teóricos.

Aunque hay una numerosa bibliografía sobre transmisión de contenidos a través de radioenlaces, satélites y fibras ópticas, no existe un antecedente respecto a la implicación de estos sistemas en los procesos productivos en televisión, ni con los procedimientos de operación relacionados con ellos.

Algo parecido ocurre con la descripción de la catalogación de los equipos y sus características de técnicas y de operación en relación con la Banda Ka, tecnología de transmisión absolutamente innovadora en España y prácticamente en todo el mundo. En cuanto, a los equipos y know how de operación en relación a transmisión por redes inalámbricas de telefonía móvil y su integración con banda Ka, no existen trabajos académicos al respecto, quedando la poca información que existe restringida a revistas especializadas.

c.2 Proceso investigativo desarrollado.

En este aspecto, el autor se ha basado en un marco teórico previo, imprescindible para seguir el relato que se recoge en las páginas de esta tesis doctoral. El proceso ha continuado, con la consulta de bibliografía especializada acerca de algunos temas relacionados con radioenlaces microondas, satélites, fibras ópticas y redes inalámbricas de telefonía móvil, así como manuales de operación y artículos en revistas especializadas, estas últimas sobre ciertos aspectos técnicos relacionados con la banda Ka.

En cuanto a los capítulos dedicados a la transformación del MCR, el modelo Cuatro/CNN+, y el de LIVE!, el autor se ha basado en su experiencia profesional desarrollada durante décadas en el mundo profesional, ya que fue Director de Producción en ambas cadenas donde impulsó la implantación de las nuevas tecnologías de transmisión. Posteriormente diseñó el modelo LIVE!, siendo el fundador de la compañía.

c.3 Planteamiento de los conceptos claves. Definiciones del tema objeto del estudio.

Los conceptos claves de estudio son:

- Marco teórico sobre nociones técnicas relacionadas con las tecnologías y redes de transmisión de datos.
- Redes de radioenlaces microondas y la interacción de las mismas en la producción de televisión.
- Operación con satélites en banda Ku.
- Características y operación con fibras ópticas
- Señales pool como modelo de contribución/distribución de contenidos de interés global.
- Banda Ka, como (re) evolución en la producción de televisión.
- Operación con equipos de transmisión en redes inalámbricas de telefonía móvil

- Modelo LIVE!

Los conceptos clave de este estudio se corresponden con las hipótesis planteadas anteriormente.

Podemos definir a los sistemas de transmisión de contenidos aplicados a la producción de televisión, como aquellos que participan determinadamente en la cadena productiva, posibilitando el transporte de señal desde localizaciones remotas hasta los centros de producción contribuyendo de esta manera a la realización y emisión de los programas de televisión.

En cuanto a los nuevos sistemas, son aquellos que optimizan la infraestructura implementada en las redes de transmisión de datos destinadas a los servicios y aplicaciones instalados en la sociedad de la información, para el transporte de datos que contienen señales de televisión que son asignadas a la producción de programas en televisión o a la producción audiovisual en los medios digitales.

8. Teoría que sustenta la tesis doctoral

Los medios de comunicación precisan de nuevos sistemas de transmisión de contenidos que (re) evolucionen los tradicionales, aportando frescura, capacidad narrativa basada en la movilidad de los equipos de transmisión a través de las redes inalámbricas de telefonía móvil, acceso a localizaciones remotas de difícil acceso, a los que no llegan las unidades DSNG en banda KU, ni las antenas de radioenlace, ni las fibras ópticas, para transmitir, desde estos puntos geográficos aislados, contenidos que no hubiesen podido transmitirse de otra forma.

Por otro lado, estos nuevos sistemas generan una rebaja de costes considerables en comparación con los costes asociados a la transmisión a través de los sistemas convencionales. Esto propicia mayor cobertura y riqueza de contenidos en antena, en contraposición a una disminución de gasto.

La aplicación de estas tecnologías de transporte, y otras relacionadas con la producción, permiten abordar eventos de impacto minoritario en la audiencia, haciendo posible que no desaparezcan de las parrillas de operación, algo que ocurriría con toda seguridad si empleasen los medios de producción y transporte convencionales a su producción, ya que la relación recursos/rentabilidad sería negativa.

Las nuevas técnicas y procesos, abren la puerta a un nuevo modelo de negocio destinado a la producción de señales pool destinadas no solo a las cadenas de televisión, sino a las agencias de noticias y medios digitales. La dimensión del

diseño de producción en eventos de interés general se produce en función de la capacidad adquisitiva de cada cliente, ofreciendo la posibilidad de la personalización de la señal.

Las compañías Broadcaster tienen que dar un paso adelante para integrar las nuevas tecnologías en su cadena de producción, tomando como referencia experiencias llevadas a cabo con éxito, en las cuales se dieron citas las ventajas antes apuntadas: accesibilidad, capacidad narrativa y rebaja de costes.

9. METODOLOGÍA

Como se señala en el tratado, “Como escribir una tesis” (*Edelsys Hernández, 2006*) la catalogación de los proyectos metodológicos incluye un categoría de los mismos denominado proyecto de intervención, en los cual la descripción y fundamentación de un proyecto es una acción que se ejerce sobre un objeto rigurosamente determinado.

9.1 Proyecto de intervención

En este sentido, la metodología empleada en esta tesis doctoral incluye la aplicación en el mundo profesional de varios de los aspectos teóricos expuestos en este trabajo.

Así, el modelo LIVE! que se describe en estas páginas describe desde la génesis del proyecto hasta su implantación en la industria audiovisual.

Por tanto, los aspectos teóricos de ven refrendados en la práctica beneficiándose ambos, el teórico con los resultados en la producción de campo y el práctico con la introducción de desarrollos teóricos que corrigen los problemas que se encuentran en la práctica diaria.

En cuanto a otros conceptos expuestos en este trabajo de investigación, se han sustentado en una metodología derivada hacia la intervención, ya que son producto de la experiencia profesional del autor. Algunos temas, como el replanteamiento del Control Central, sustentan la metodología empleada en su exposición y desarrollo, en la comprobación y toma de datos durante la relación contractual que el doctorando mantuvo con los Broadcasters.

Un ejemplo al respecto es el capítulo dedicado a la implantación de las nuevas tecnologías de transmisión en CNN+

9.2 Proyecto de evaluación

En relación a esta catalogación la misma autora define este tipo de proyectos de investigación como: “proyectos que se orientan hacia un saber relacionado con atributos de eficiencia, calidad, eficiencia o impacto” (*Edelsys Hernández, 2006*)

Efectivamente esta tesis, o parte de ella, se puede calificar en la categoría señalada, ya que los criterios expuestos en los capítulos finales de la misma se pueden relacionar con datos objetivos, evaluables, de la aplicación del marco teórico a la práctica diaria.

Por tanto, tanto a nivel de eficiencia, calidad, eficacia e impacto, es decir la teoría que soporta este trabajo expuesta con anterioridad, se basa en criterios evaluativos relacionados con la operación aplicada en la cobertura de cientos de eventos producidos en LIVE!, uno de los cuales, se expone como ejemplo que cierra el estudio, que es, la experiencia de CNN en el Hospital Carlos III de Madrid.

La evaluación en el terreno del empleo de estos sistemas confirma las hipótesis planteadas, como vemos en la relación de Broadcasters y recursos empleados en la cobertura de las elecciones Municipales y Autonómicas celebradas el 24 de mayo de 2015, en la cuales la empresa LIVE! produjo con el empleo de las nuevas tecnologías de transmisión.

| CLIENTE | FECHA/S | LUGAR | TIPO SERVICIO |
|---------------------|------------------|---|------------------------------|
| TV CASTILLA Y LEÓN | Del 7 al 24 Mayo | Por determinar DIARIAMENTE POR EL CLIENTE | 2 IPSDNG Ka+ 2 LIVE U |
| XARXA | 22-23-24/05/2015 | Tarragona (3) + Saint Cugat TV (1) | 4 FLY Ka + 4 LIVE U |
| A3MEDIA | 24/05/2015 | 2 en Madrid, 1 en Barcelona (podría viajar fuera), 1 en Sevilla | 4 FLY Ka + 4 LIVE U |
| BROADCAST/MEDIA SET | 24/05/2015 | Toledo y Valencia (antena 2) + Madrid (2 liveU) | 2 FLY Ka + 4 LIVE U (2 VíAS) |
| BROADCAST ANA ROSA | 25/05/2015 | Localización: Sede del PP calle Génova + Localización: Barcelona, punto por confirmar + Localización: Valencia, punto por confirmar | 3 LIVE U |
| CANAL EXTREMADURA A | 07-22/05-2015 | Extremadura | 2 FLY Ka+ 2 Live U |
| CANAL EXTREMADURA B | 24/05/2015 | Extremadura | 5 FLY Ka + 5 Live U |

| | | | |
|----------------|---------------|---|-------------------------|
| FORTA | 24/05/2015 | Posiblemente sede de IU CON LIVE U + Fly Ka | 2 FLY Ka + 1 LIVE U |
| PSM | 07-22/05/2015 | MADRID | 1 Live U |
| 13 TV | | Toledo (PP), Valencia (PP) , Madrid (Sede PSOE C/ Ferraz), Madrid (Sede PP C/ Génova) | 4 FLY AWAY Ka +4 LIVE U |
| EL PAÍS | 24/05/2015 | MADRID, BARCELONA, VALENCIA | 3 LIVE U + 1 Bond 4G |
| LMDC | 24/05/2015 | MADRID, BARCELONA, VALENCIA | 3 LIVE U |

Relación de Broadcasters que utilizaron los nuevos sistemas de transmisión de contenidos en sus respectivos programas informativos en las Elecciones del 24M. Servicio prestado por LIVE!

Podemos colegir del despliegue en el uso de sistemas de transmisión utilizados en las citadas elecciones, que las hipótesis que se enuncian en este trabajo se fundamentan en aspectos teóricos que tienen una derivación evaluativa en la experiencia alcanzada en la producción de campo.

Indudablemente, el proyecto de evaluación contiene una característica que se define como el tiempo que transcurre entre el momento en que se concreta la existencia objetiva del objeto de evaluación y el momento en que se inicia el acto de evaluación del mismo, lo que podemos confirmar gracias a la tabla anterior, que determina el momento exacto en el que se produjo la evaluación del mismo.

Por otra parte, es obvio que los clientes que confiaron en las tecnologías propuestas en esta tesis como antesala a la (re) evolución en los sistemas de transmisión que se prevé, lo hicieron porque tenían constancia de la eficacia, eficiencia y calidad de los sistemas de transporte de señales en directo a través de satélites en Ka y/ o equipos LIVE U 4G, además de la rebaja de costes que supone la utilización de estos sistemas, realizadas en anteriores coberturas.. Como también es evidente que la relación de Broadcasters que aparecen en la tabla anterior no van a poner en riesgo, de ninguna manera, un contenido de la importancia informativa que tiene el programa de televisión que recoge los datos definitivos y las reacciones a los mismos en una noche electoral como las del 24 M, arriesgándose con el uso de una nueva tecnología que no estaba previamente evaluada por ellos.

9.3 Proyecto de desarrollo tecnológico.

El sello distintivo de este tipo de proyectos de investigación es que se orienta hacia la obtención de productos tangibles. (Edelsys Hernández, 2006)

Evidentemente esta tesis se orienta, también, hacia el objetivo señalado en el párrafo anterior, ya que propone como solución a la evolución en los sistemas de transmisión, una (re) evolución de los mismos, introduciendo en la cadena productiva una serie de equipos concretos que usan unas redes de comunicación específicas, para obtener un producto tecnológico determinado.

La metodología empleada en este tipo de proyectos, como es este, es no solo la obtención del producto sino la evaluación de sus propiedades como hemos visto anteriormente.

Por consiguiente, el aspecto teórico expuesto en esta tesis, resumido en la teoría formulada, busca la validación de un producto tecnológico del cual esta tesis doctoral afirma que se convertirá en elemento dinamizador de la (re) evolución que se espera en los sistemas tradicionales de transmisión. La metodología evaluativa aplicada en este estudio refrenda la metodología que define a este trabajo como el de un proyecto de desarrollo tecnológico.

La importancia que se atribuye en el proyecto a la obtención del producto o a la evaluación de sus atributos, determina si se trata de un proyecto de desarrollo, de un proyecto de investigación o de un proyecto de evaluación (*Edelsys Hernández 2006*)

9.4 Proyecto de investigación

Aunque el rasgo que tipifica a un proyecto de investigación es la existencia de una intención cognoscitiva que prevalece sobre cualquier otro propósito (Edelsys Hernández 2006) podemos afirmar que este trabajo es gran parte, un proyecto de investigación puesto que introduce conceptos relacionados con la operación y que están en el quehacer diario, que ofrecen al lector unos textos de los cuales no hay una bibliografía específica.

Esta labor de investigación, como la que se supone al poner en valor diseños de producción absolutamente innovadores hasta el momento, como es el caso de

LIVE! y su servicio para El PAIS, son la aplicación práctica de cierta creatividad tecnológica que ha posibilitado tal arquitectura técnica.

Por otra parte, la búsqueda de la escasa documentación relativa a los nuevos sistemas de transmisión ha constituido una labor de investigación. Esta documentación ha sido adecuada por el autor a un lenguaje, que tras el estudio de los primeros capítulos, sea comprensible para el lector, el cual puede coleccionar las características, ventajas e inconvenientes de los nuevos sistemas de transmisión.

En relación al capítulo dedicado a las señales pool, el autor se ha documentado con textos no publicados ni hechos públicos, procedentes ejemplares destinados a los *Right Holders* (*titulares de los derechos de emisión del campeonato*) en los que se especifica los diseños de producción aplicados por la organización y el Host Broadcaster en el Campeonato del Mundo de Fútbol celebrado en Sudáfrica en el año 2010, por cual el contenido vertido en este apartado tiene por sí mismo un valor documental de primer orden para profesionales y estudiantes.

9.5 Métodos empíricos y teóricos

En cuanto a los métodos empleados en la elaboración de este trabajo, distinguimos entre los métodos empíricos y los teóricos.

Los primeros permiten la obtención de los datos y rasgos fundamentales que caracterizan a los objetos de estudio. Mediante la observación de los fenómenos, estructuras y procesos de operación se han podido completar los capítulos dedicados al Control Central, así como a ciertos aspectos incluidos en apartados dedicados a los sistemas de transmisión convencionales.

Mediante la experimentación ha sido posible, desarrollar los capítulos dedicados a modelos de operación desarrollados por Cuatro y CNN+, así como el correspondiente al modelo LIVE!.

En lo referente a los métodos teóricos empleados han permitido la construcción científica subyacen el texto del trabajo, ya que “*permiten profundizar en el conocimiento de las regularidades y cualidades esenciales de los fenómenos*” (Edelsys Hernández 2006)

El aspecto teórico empleado en la metodología de esta tesis, ha sido fundamentalmente el de análisis y síntesis, considerando que para demostrar la teoría expuesta ha sido preciso estudiar una serie de temas de gran magnitud teórica, siendo cada uno de ellos ramas del conocimiento relacionados con los sistemas de transporte de datos, Esto ha conducido a un ejercicio de síntesis, lo que puede resultar paradójico con el número de páginas de la tesis, para poder alcanzar algunas de las hipótesis enunciadas. El hecho de sintetizar conceptos muy técnicos, dejando a un lado desarrollos matemáticos, ha sido uno de los objetivos de la metodología teórica aplicada.

CAPÍTULO SEGUNDO: CONSIDERACIONES PRELIMINARES

1. Consideraciones preliminares.

En el mundo de la transmisión de principios del siglo XXI, la información se maneja en forma de datos.

Esto significa que la información que se procesa y almacena lo hace en complejos sistemas de computadoras, en los que se relacionan números, símbolos y texto. A este proceso se le conoce como informática.

El intercambio de información entre distintos puntos del planeta, se produce mediante el transporte de datos mediante las redes de transmisión. Estas pueden ser terrestres o vía satélite, y la importancia de estas redes es que permiten el tráfico a enormes velocidades de transferencia.

La transmisión de la información se efectúa a través de sistemas eléctricos de comunicaciones, y como se mencionaba anteriormente, se realiza a través de sistemas de comunicaciones tales como redes terrestres de radioenlaces, redes de fibra óptica o conexiones satelitales.

La información que se transmite o se intercambia entre dos o múltiples puntos, está formada por mensajes, que, en sí mismos, son un conjunto de datos. Es decir el mensaje es la manifestación elocuente de la información.

La información, por su parte, puede ser continua y discreta. A la primera se la conoce con un apellido característico, como es el de información analógica, no solo por su valor continuo sino por su fiel representación del mensaje, adoptando infinitos valores.

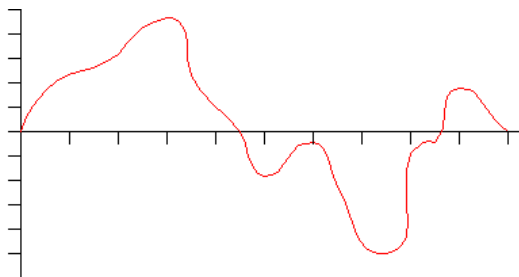


Fig. 1 Representación de una señal analógica

La información discreta –o el mensaje– puede, por el contrario, adoptar un número finito de valores, por ejemplo una onda constituida por un por una serie de pulsos rectangulares. Al proceso de conversión de información en señal eléctrica se le denomina codificación, denominación que procede de la necesidad de generar un código sobre el que realizar la conversión. El más comúnmente empleado en comunicaciones es el código binario, que se

estudiará más adelante. Una señal discreta a la que se ha sometido al proceso de codificación se la conoce como señal digital.

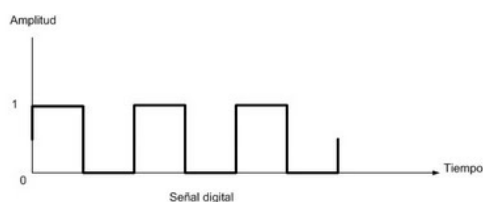


Fig. 2 Representación de una señal discreta/digital

Para que un mensaje pueda ser transmitido a través de un sistema de comunicaciones, ha de convertirse previamente en energía eléctrica.

A la conversión mensaje en electricidad, se le denomina transducción, y al resultado final se le conoce como señal.

En el mundo de las comunicaciones, el concepto información o mensaje se define de manera física, mediante complejas ecuaciones matemáticas que hacen posible la transmisión entre dos puntos.

El resultado de la aplicación de las ecuaciones mencionadas, permite al desarrollador valorar cualitativamente la capacidad de un sistema para transmitir información.

La capacidad **C** de un sistema para transmitir el mensaje se mide mediante la ecuación que se deduce del teorema de Shannon-Hartley y que se define como:

$$C = B \log_2(1 + S/N) \text{ bit/sg}$$

donde **B** es el ancho de banda del canal de transmisión y **S/N** es la relación señal/ruido presente en el sistema. S hace referencia a la potencia de la señal útil expresada en vatios, y N es la potencia del ruido presente en el canal que interfiere en la señal útil.

El teorema, pues, determina la capacidad del canal para transmitir una señal digital de datos –bit– sin error, considerando un ancho de banda específico, con presencia de interferencias en forma de ruido. Es decir la capacidad de transmitir un mensaje, pero también la de recuperar la información en el extremo de recepción.

En cuanto a la esencia física de la señal, ésta se compone de ondas electromagnéticas. En capítulos posteriores estudiaremos con más detenimiento sus principales características físicas y de propagación.

1.2 Red digital de transmisión de datos

Un sistema eléctrico de comunicaciones por ondas electromagnéticas, que usa dispositivos digitales durante el proceso de transmisión, operando con señales digitales, organizado e interconectando estaciones emisoras y receptoras y cuyo objetivo es el intercambio de información, es una red digital de transmisión de datos.

El hecho de que en las redes de transmisión la señal sea digital y no analógica, es la gran resistencia y robustez de la primera frente a las interferencias y al ruido presente en el sistema, virtud inherente en el proceso de digitalización de la señal digital. Esta importante característica presente en el entorno digital, permite la regeneración de la señal, así como la detección y corrección de errores. Todo ello da como resultado una señal de alta calidad, que además permite una reducción de costes respecto a la generación de la señal analógica.

A las redes de transmisión de datos se las denomina transparentes a la información, al permitir el tránsito por ellas de todo tipo de mensajes, tanto continua, o analógica, como discreta o digital, aunque es preciso un proceso de conversión analógico-digital para que las señales continuas se readapten al entorno discreto.

1.3 Modulación por codificación de pulsos PCM

El hecho de que por redes de transmisión de datos viajen señales digitales, no convierten a éstas en las únicas señales que están presentes en este tipo de redes de distribución de información.

Una señal analógica, que normalmente se transmite por redes de transporte propias, puede ser distribuida de igual manera por una red digital, siempre y cuando sea convertida al entorno digital.

La modulación por codificación de pulsos, PCM, convierte en señales digitales a las señales analógicas, para que una vez moduladas digitalmente, puedan transportarse por redes de datos.

Como se apuntó anteriormente, las redes de transmisión de datos manejan todo tipo de señales.

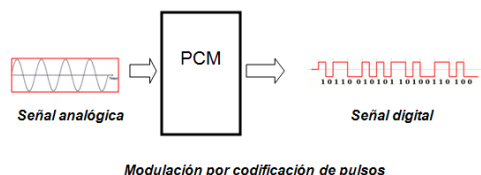


Fig. 3 Proceso de conversión de una señal analógica en digital.

Tal vez, sin embargo, sea procedente abrir un paréntesis y detenerse en el concepto de modulación.

2. Modulación

2.1 Banda base.

Las redes de comunicación transmiten señales con información desde un punto denominado transmisor hasta otro llamado receptor. A la red que une estos dos puntos, también se la llama canal de comunicación.

El concepto banda base se refiere a la banda de frecuencias que representa la señal original que lleva la información. Es decir, una señal en banda base aún no ha sufrido ningún tipo de modulación y por tanto, pueden ser transmitida en su frecuencia original.

Por consiguiente, una señal en banda base tiene un rango de frecuencias que comienza en cero y se extiende hasta un valor finito, normalmente en el entorno de los MHz, *mega hertzios*. También se la conoce como paso baja. Cuando en comunicaciones hablamos de señales en banda base estamos recurriendo a un pequeño artificio, ya que nos estamos refiriendo a señales con información o datos, ya que las señales presentes en la naturaleza están todas ellas en banda base, no han sufrido ningún tipo de modulación.

Para la transmisión de señales en banda base en una red digital de datos, se efectúan varios pasos previos. En primer lugar la información presente en la señal es formateada mediante las técnicas de muestreo, cuantificación y codificación, para que dicha señal pueda ser representada mediante símbolos, en un código que habitualmente es el binario. Cuando una señal en banda base se codifica da lugar a los códigos de banda base.

Posteriormente, se asignan formas de ondas compatibles con el canal de comunicación elegido para la transmisión. Finalmente, las formas de onda pueden ser transmitidas a través del canal de comunicaciones en banda base, como por ejemplo, el par trenzado, cable coaxial banda base o la fibra óptica.

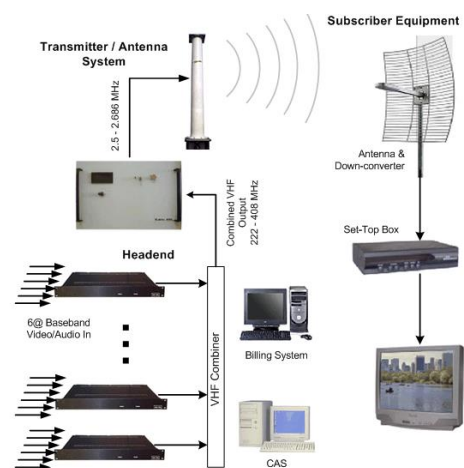


Fig. 4 Sistema de comunicaciones en banda base

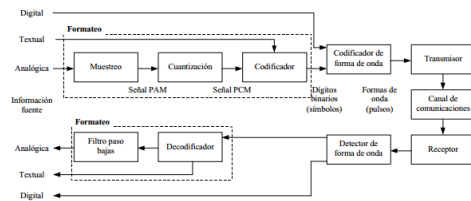


Fig.5 Sistema digital de comunicaciones en banda base

El proceso de transmisión en el sistema de comunicaciones en banda, como el que se muestra en la figura 5, se realiza mediante el codificador de forma de onda, también conocido como modulador banda base.

En canales de comunicaciones en banda base, como conductores de cobre o fibra óptica, la forma de onda adoptada por el canal digital son los pulsos, con una característica que corresponde a los símbolos a ser transmitidos, es decir, en código binario, 0 y 1.

En la recepción, el proceso inverso, mediante el detector de forma de onda, el decodificador y el filtro paso bajo, recuperan la señal original, aunque esta vez en el destino.

Las señales digitales en banda base se denominan códigos banda base o códigos de línea, y se clasifican en tres grupos, que son:

- **2.1.1 Señal en banda base unipolar.** En este caso, un 1 toma una polaridad, positiva o negativa, mientras que el 0 siempre vale 0. El 1, por tanto, es representado como un voltaje positivo (+V) o negativo (-V). El 0 indica ausencia de voltaje.

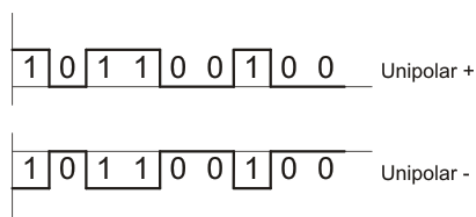


Fig. 6 Señal en banda base unipolar

- **Señal en banda base polar.** En esta ocasión los valores de 1 y 0 son positivos o negativos, pero el 0 nunca es 0. Aquí, el 1 se representa como un voltaje positivo o negativo (+V, -V) y el 0 con el opuesto (-V, +V).

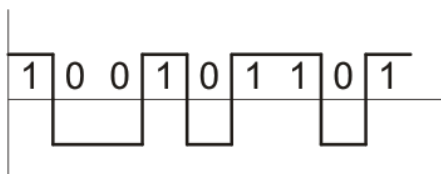


Fig. 7 Señal en banda base polar

□ **2.1.2 Señal en banda base bipolar.** En esta clasificación un dígito toma un valor con polaridad alternada, mientras el otro permanece en el valor 0. Uno de los dos dígitos se representa como ausencia de voltaje, mientras que el otro representa alternativamente (+V) y (-V)

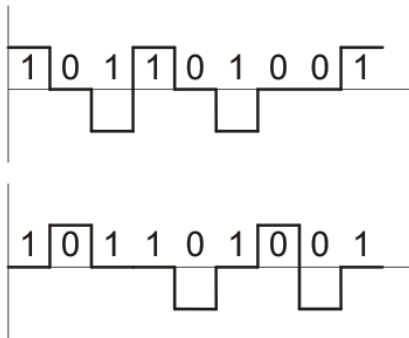


Fig. 8 Señal en banda base bipolar.

En los tres casos estudiados anteriormente, la señal que describe el voltaje ha de mantenerse durante cierto periodo de tiempo, al que se conoce como tiempo de bit y se representa como T_{bit}

El número de bits transmitidos en un segundo se denomina Régimen Binario, **Rb**. En ausencia de modulaciones, el valor de **Rb** corresponde a

$$Rb = \frac{1}{T_{bit}}$$

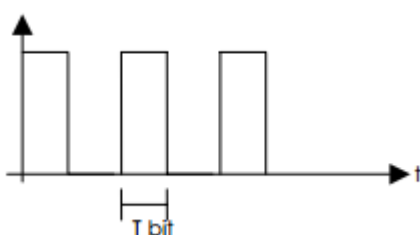


Fig. 9 Tiempo de bit

En función del código en banda base que se ha utilizado, las señales generadas tendrán una serie de valores y propiedades. De todas ellas, la más relevante y de más importancia en el mundo de las comunicaciones es el espectro en frecuencia o ancho de banda.

Las transmisiones en banda base, como decimos, son habituales en el campo de las comunicaciones, debido fundamentalmente al bajo coste de los equipos utilizados en el proceso.

3. Espectro de una señal

Frecuencia:

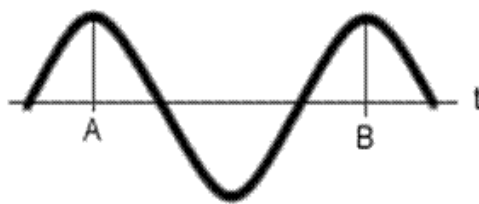


Fig. 10 Onda sencilla sinusoidal

La imagen nos muestra la representación de una onda simple. Los instantes marcados como A y B corresponden a valores idénticos en la onda. En realidad, podrían haber sido otros dos cualesquiera, siempre que hubiesen tenido el mismo valor.

Cada vez que una onda toma los mismos valores, o mejor dicho, pasa por los mismos valores completa lo que se conoce como un ciclo, moviéndose en el tiempo, como observamos que mide el eje de las abscisas de la figura,

El número de ciclos que se producen en un periodo de tiempo determinado es lo que se denomina frecuencia. Para el Sistema Internacional (SI) el periodo de tiempo determinado es un segundo, y es ese valor, un ciclo en un segundo, el que se conoce como el valor de 1 Hertzio. Esta denominación se impuso en honor a Rudolf Hertz descubridor de la propagación de las ondas electromagnéticas.

Decimos que una señal está determinada en el dominio del tiempo, cuando su representación gráfica permite conocer los valores de su amplitud en cualquier instante.

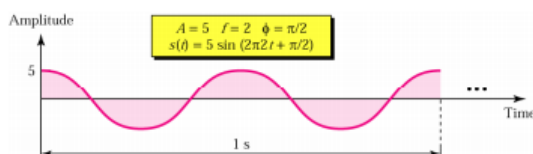


Fig.10 Señal en el dominio del tiempo

La señal también puede ser definida en el dominio de la frecuencia. En este caso, la especificidad del dominio viene marcada por el conjunto de sus frecuencias armónicas, las cuales son señales puras sinusoidales con frecuencias y amplitudes específicas.

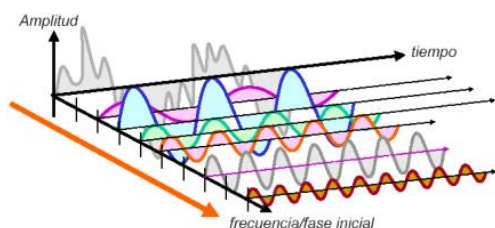


Fig.11 Señal en dominio del tiempo y la frecuencia.

Para definir el concepto de armónico previamente es preciso introducir el concepto de frecuencia fundamental f_0 . Se trata de la frecuencia de valor más bajo de todas aquellas las que forman una onda compuesta periódica.

Llamamos armónicos a los componentes u ondas simples que acompañan a la frecuencia fundamental y que tienen un valor múltiplo de ésta. Por tanto, en todos los casos, la frecuencia de los armónicos es siempre más elevada que la fundamental, siendo, por consiguiente, valores múltiplos. Así, podemos considerar a la frecuencia fundamental como el primer armónico.

Al multiplicar el número de orden por el valor de la frecuencia fundamental obtenemos la frecuencia del armónico, según la siguiente ecuación

$$F_a = n \times f_0$$

siendo n el número de orden de cada armónico.

El concepto de armónico tiene su fundamento teórico en las series de Fourier.

El análisis de funciones periódicas como expresión de series armónicas temporales tiene su origen a fines del siglo 18 y comienzos del siglo, cuando el 1822 Jean Baptiste Fourier afirmó que cualquier función periódica $f(x)$ puede ser representada a través de una suma infinita de senos y cosenos, según la ecuación

$$F(x) = \sum_0^{\infty} (A_n \cos(nax) + B_n \sin(nax))$$

La determinación de los valores A_n y de B_n se conoce como análisis armónico.

Fourier definió que cualquier curva periódica puede reproducirse con exactitud superponiendo un número suficiente de curvas armónicas simples. Así una función periódica en el tiempo con frecuencia f puede expresarse como una superposición de componentes sinusoidales de frecuencias $f, 2f, 3f... nf$.

Las componentes sinusoidales que se van superponiendo se conocen como *Componentes de Fourier*.

A la componente de Fourier con el mismo periodo que la función original se la denomina *frecuencia fundamental*, f_0 como vimos anteriormente, siendo por tanto los armónicos de la función aquellos con frecuencias superiores y múltiplos de la fundamental.

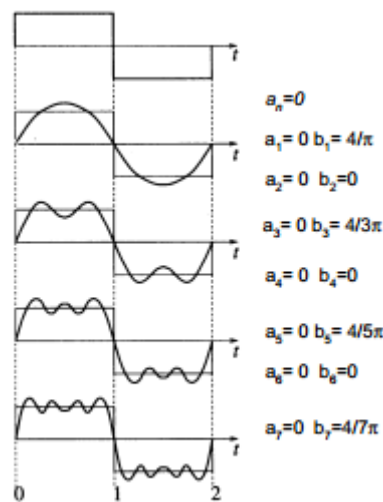


Fig.12 Frecuencia fundamental y armónicos

El espectro de una señal es un valor discreto, ya que las frecuencias armónicas se muestran en forma de valores discretos de su propia frecuencia. Recordemos que una información es *discreta* cuando sus datos pueden adoptar solo un número finito de valores, en contraposición con un tipo de información *analógica*, en la cual los datos pueden alcanzar un número infinito de valores.

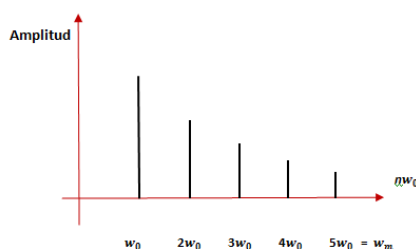


Fig. 13 Espectro de una señal y sus frecuencias

armónicas.

En el espectro de la señal de la Fig. 13 el rango de frecuencias que se extiende de **0 a $5w_0 = w_m$** constituye el ancho de banda de la señal, y al tener ese rango cuya primera frecuencia es 0, como vimos anteriormente, se la denomina señal en banda base.

w_m es la frecuencia máxima que está dentro de los límites del espectro. Si el espectro no contiene armónicos con frecuencias superiores a w_m , se dice que se trata de un espectro de señal limitado y que la señal asociada al mismo **$f(t)$** es una señal de banda limitada.

En el caso particular de que la primera frecuencia de la señal sea distinta a cero, por ejemplo w_1 , y la última fuese w_n , decimos que la señal es pasobanda.

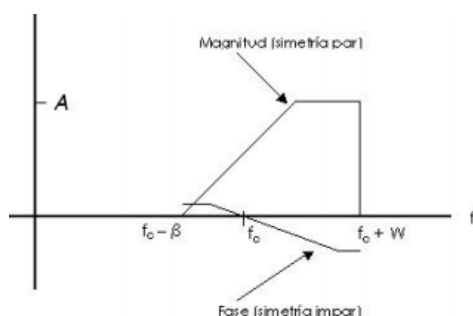


Fig. 14 Señal pasobanda

4. Transmisión de datos a través de redes

La transmisión de datos entre dos puntos, o de un punto a otros, es uno de los aspectos fundamentales de la sociedad de la información en la que vivimos.

Su enorme transcendencia e importancia estriba en el intercambio continuo de contenidos, aplicaciones, voz y multimedia que se producen en cada segundo de actividad ininterrumpida entre cualesquiera dos localizaciones aleatorias del planeta.

Las redes de transmisión constituyen el soporte imprescindible para los sistemas de computación, las cuales manejan una ingente cantidad de datos que son el núcleo de la sociedad tal y como actualmente la entendemos.

Los sistemas de transmisión han dado origen a las avanzadas y cada vez más rápidas redes de procesamiento y distribución de información entre sistemas de computación.

Estas redes son imprescindibles tanto si unen dos equipos situados a no más de 25 metros, como si unen punto a punto a dos equipos separados entre sí en

distintas ciudades o países e incluso continentes. Las redes de distribución de datos lo son a nivel planetario, bien por sistemas de transmisión terrestres subterráneos o submarinos, así como en su interrelación a través de las distintas órbitas satelitales y de los satélites trabajando en diferentes bandas de frecuencia satelital.

Son redes locales, nacionales e internacionales y por ellas, y a través de ellas, fluye un complejo entramado de valiosa información, especificada en unos valores numéricos que tienden a infinito.

Un error por pequeño que sea, como por ejemplo el de un solo bit, puede arruinar por la distorsión que se produce en el mensaje, en un enlace que contiene miles de millones de bits. Por tanto, dos de los requisitos básicos para la eficaz y correcta transmisión de datos son el control de su flujo y la detección de errores para su inmediata corrección.

4.1 Transmisión de datos en redes

En el marco actual de las telecomunicaciones las nuevas redes digitales están conviviendo con las redes analógicas, las cuales hasta hace poco tiempo eran las únicas capaces de transportar información.

Esto obliga a una serie de operaciones que permitan la conversión de señales digitales en señales analógicas para que puedan transitar y ser transmitidas por las líneas analógicas para posteriormente recuperar su estructura original en un proceso inverso de reconversión a digital, una vez alcanzado el destino.

Esta conversión digital/analógica/digital se ha de efectuar a través de la modulación/demodulación de la señal y gracias a la intervención de dispositivos de modulación/demodulación llamados abreviadamente *módem*.

Los equipos de computación en los extremos del enlace se denominan *Data Terminal Equipment* o DTE, y aquellos equipos que efectúan la transmisión de datos en el enlace digital son los *Data Circuit Terminal Equipment*, o DCTE o DCE (*Data Circuit Equipment*). El equipo DCTE también es conocido como *Equipo de comunicación de datos*.

Los equipos DTE hacen de fuente o destino de la información. Los equipos de transmisión DCTE que efectúan el puente entre el mundo digital y analógico, son los mencionados módem.

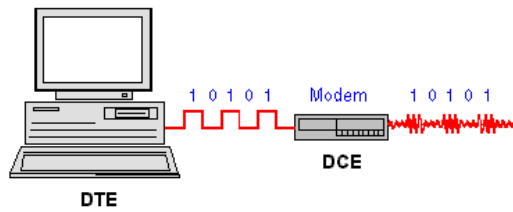


Fig.15 Funciones de los equipos DT y DCE

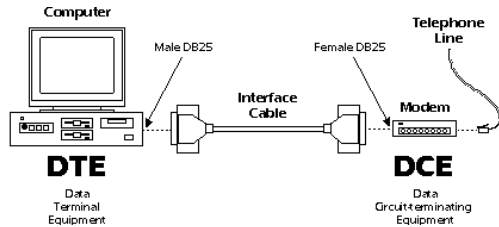


Fig. 16 Conexión entre DTE y DCE mediante un cable interface DB25

Como vemos en las figuras 15 y 16, la conexión entre el equipo de computación y el módem DCE permite la conversión digital a analógico para transmitir por la red analógica, mediante el uso de un cable interfaz con conexiones DB25 de 25 pines.



Fig. 17 Cable DB25 de 25 pines

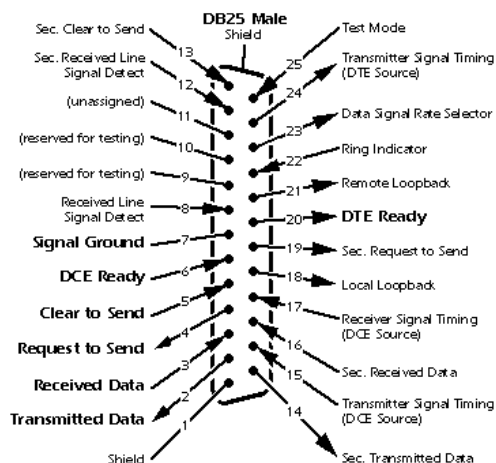




Fig. 18. Señal completa EIA232 para el equipo DTE

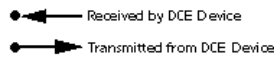
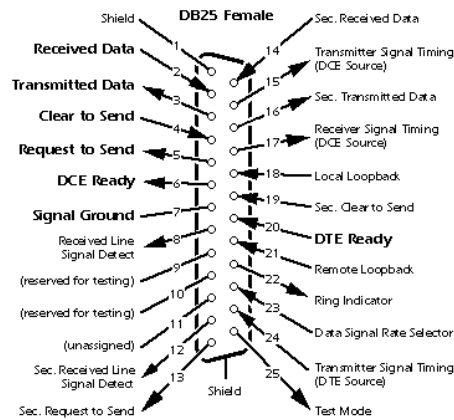


Fig. 19. Señal completa EIA232 para el equipo DCE.

Los nombres de señal que implican una dirección, tales como transmitir datos y recibir datos, se nombran desde el punto de vista del dispositivo DTE. Si la norma EIA232 se sigue estrictamente, estas señales podrían tener también el mismo nombre para el mismo número de pin en el lado DCE.

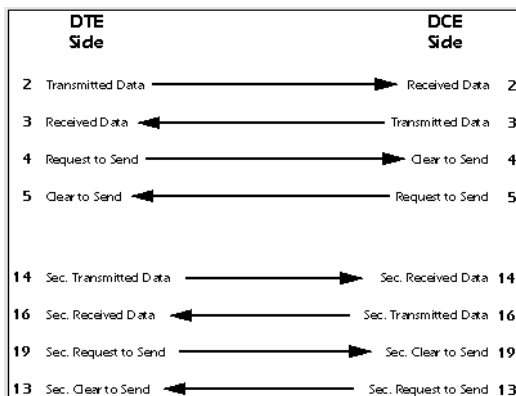


Fig. 20 Denominación de señales en el conector DB25 en cada extremo DTE y DCE.

Desafortunadamente, esto no se hace en la práctica. Como resultado, los nombres de señales sensibles a la dirección se cambian en el lado DCE para reflejar el sentido de la transmisión en DCE. La anterior lista nos da el uso convencional de los nombres de las señales.

La norma *EIA232 (Electronic Industries Association)* es una interfaz para la interconexión entre DTE y DCE.

ITU-T (*Sector de Normalización de las Telecomunicaciones*) ha desarrollado las recomendaciones, aspectos funcionales y de operación de la norma, definiendo que circuitos y señales tienen que implementarse en la interfaz y la función de cada uno de ellos.

Las funciones de cada uno de los 25 pines de la interfaz se muestran en la tabla siguiente.

| No. pin | Nombre | Función | Dirección |
|---------|--------|--|-----------|
| 1 | | Protección a tierra | - |
| 2 | TX | Transmisión de datos | DTE-DCE |
| 3 | RX | Recepción de datos | DCE-DTE |
| 4 | RTS | Request to send -Petición para enviar | DTE-DCE |
| 5 | CTS | Clear to send -Listo para enviar | DCE-DTE |
| 6 | DSR | Data Set Ready -DCE listo | DCE-DTE |
| 7 | GND | Tierra | - |
| 8 | DCD | Data Carrier Detect -Detección de portadora | DCE-DTE |
| 9 | | Reservado para test | |
| 10 | | Reservado para test | |
| 11 | | Sin asignar | |
| 12 | DCD 2 | Data Carrier Detect- Detección de portadora del canal secundario | DCE-DTE |
| 13 | CTS 2 | Clear to send -Listo para enviar del canal secundario | DCE-DTE |
| 14 | TX 2 | Transmisión de datos del canal secundario | DTE-DCE |
| 15 | TC | Temporización (reloj) de transmisión (modo síncrono) | DCE-DTE |
| 16 | RX 2 | Recepción de datos del canal secundario | DCE-DTE |
| 17 | RC | Temporización (reloj)de recepción (modo síncrono) | DCE-DTE |
| 18 | | Bucle local | DTE-DCE |
| 19 | RTS 2 | Request to Send -Petición para enviar del canal secundario | DTE-DCE |
| 20 | DTR | Data Terminal Ready -DTE listo | DTE-DCE |
| 21 | SQ | Signal Quality -Bucle local y detector de calidad de la señal | DTE-DCE |
| 22 | RI | Ring Indicator -Indicador llamada entrante | DCE-DTE |
| 23 | | Selector de Velocidad del DTE | DTE-DCE |
| 24 | XTC | Temporización (reloj) de transmisión (modo síncrono) | DTE-DCE |
| 25 | | Reservado para test | |

Tabla 1. Funciones de cada uno de los 25 pines y dirección del conector DB25.

El pin 2 se utiliza para transmitir datos en serie desde el DTE al DCE (*transmisión*) y el pin 3 se utiliza para transmitir datos en serie desde el DCE al DTE (*recepción*).

Además existen 2 pines más para la transmisión y recepción de datos para un canal secundario opcional. El 14 se utiliza transmisión y el 16 para recepción del canal secundario.

Los pines 15, 17 y 24 se utilizan para enviar señales de reloj o sincronismo en el caso de llevar a cabo transmisiones síncronas. Para transmisiones asíncronas estos pines no se utilizan.

Los pines 9, 10, 18, 21 y 25 están reservados para realización de pruebas de transmisión y detección de la calidad de la señal. No se suelen utilizar.

Las especificaciones mecánicas y eléctricas más importantes de la norma EIA232 son las siguientes:

✂ Se utiliza un cable de 25 pines, cada uno de ellos con una función específica. En la mayor parte de las aplicaciones no se utilizan todos los pines..

✂ En los extremos del cable se utiliza un conector DB25 macho en el equipo de computación DTE en uno de los extremos y un conector DB25 hembra en el módem. La norma no obliga a la utilización de este conector. De hecho existe una variante que utiliza conectores DB-9, más pequeños que el DB25

✂ Se utiliza la norma *ISO 2110* donde se incluyen las especificaciones mecánicas y asignación de pines del conector DB-25.

✂ La longitud del cable interfaz no debe superar los 15 metros.

✂ De los 25 pines sólo cuatro son utilizados para datos. El resto son de control, temporización, tierra y pruebas. La especificación eléctrica para estos circuitos es igual que para los datos, considerando el estado ON equivalente al *cero binario* y OFF al *uno binario*.

✂ . La tasa de bits máxima que se recomienda en la norma para la distancia máxima de 15 metros es de 20 kbps. Esta velocidad se puede aumentar si se disminuye la distancia de conexión.

4.2 Transmisión de datos en una red digital.

En el caso de que la red que une los equipos DTE y DCE en un extremo y los equipos DCE y DTE en el otro sea digital, las funciones que desarrolla el equipo de *Comunicación de datos o DCE*, que en este caso es también digital, son esencialmente distintas a las que realiza un módem sobre una red analógica.

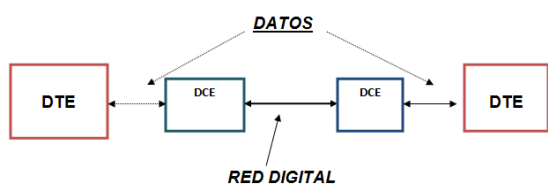


Fig.21 Transmisión de datos en una red digital

Estas funciones son.

- En la transmisión convertir la señal del DTE a un formato, nivel y código de línea adecuados para efectuar el transporte de datos por las líneas correspondientes de la red digital.
- En la recepción, establecer el voltaje de referencia que emplea el DTE en el extremo de transmisión y reconvertir la señal de línea a la forma requerida para su aplicación al DTE de recepción.
- Extraer la señal de reloj para asegurar la sincronía de la transmisión.

Los equipos DCE digitales pueden ofrecer distintas velocidades o flujos de datos que van desde los 2,4 kbit/s, pasando por los 64 kbit/s que es el canal estándar de transmisión digital, hasta tasas superiores como 1.544 Mbit/s denominado canal T1 ó DS1, 2.048 Mbit/s denominado E1, 45 Mbit/s también conocido como T3 ó DS3.

Otras denominaciones para flujos de datos en canales de transmisión tanto en Europa como en EEUU, así como los de alta velocidad para comunicaciones a través de fibra son los siguientes:

| CANALES TX | FLUJO DE DATOS | OBSERVACIONES |
|-------------------|-----------------------|----------------------|
| T1 | 1.544 Mbit/s | 24 canales |
| T2 | 6.312 bit/s | En EEUU |
| T3 | 44,746 Mbit/s | En EEUU |
| T4 | 274,176 Mbit/s | En EEUU |
| T1C | 3.152 bit/s | En EEUU |

Tabla 2. Canales TX en EEUU

| CANALES EX | FLUJO DE DATOS | OBSERVACIONES |
|-------------------|-----------------------|---|
| E1 | 2.048 Mbit/s | Europa. 24 canales de voz. Equivalente a T1 en EEUU |
| E2 | 8.448 Mbit/s | Europa |
| E3 | 34 Mbit/s | Europa. 32 canales de voz. Equivalente a T3 en EEUU. |
| E4 | 139.264 Mbit/s | Europa. |

Tabla 3. Canales EX en Europa

| CANALES OC | FLUJO DE DATOS | OBSERVACIONES |
|---------------------------------|-----------------------|--|
| <i>OC-1</i> | <i>51.840 Mbit/s</i> | <i>Fibras ópticas</i> |
| <i>OC-3</i> | <i>155.52 Mbit/s</i> | <i>Fibras ópticas</i> |
| <i>OC-9</i> | <i>466.56 Mbit/s</i> | <i>Fibras ópticas</i> |
| <i>OC-12</i> | <i>622.08 Mbit/s</i> | <i>Fibras ópticas</i> |
| <i>OC-12 Monomodo</i> | <i>622.08 Mbit/s</i> | <i>Comunicaciones ópticas mediante fibra. Alcance 15 km.</i> |
| <i>OC-12 Multimodo</i> | <i>622.08 Mbit/sg</i> | <i>Comunicaciones ópticas mediante fibra. Alcance 0,5 Km.</i> |
| <i>OC-18</i> | <i>933.12 Mbit/s</i> | <i>Fibras ópticas</i> |
| <i>OC-24</i> | <i>1.244 Gbit/s</i> | <i>Fibras ópticas. Alta velocidad Giga bit/s</i> |
| <i>OC-36</i> | <i>1.866 Gbit/s</i> | <i>Fibras ópticas. Alta velocidad Giga bit/s</i> |
| <i>OC-48c</i> | <i>2.498 Gbit/s</i> | <i>Comunicaciones ópticas mediante fibra. Alcance 80 km. Alta velocidad</i> |
| <i>Largo alcance</i> | | |
| <i>OC-48 Alcance intermedio</i> | <i>2.498 Gbit/s</i> | <i>Comunicaciones ópticas mediante fibra. Alcance 15 km. Alta velocidad.</i> |
| | | <i>32.528 canales de voz.</i> |
| <i>OC-96</i> | <i>4.976 Gbit/s</i> | <i>Fibras ópticas. Alta velocidad</i> |
| <i>OC-192</i> | <i>10 Gbit/s</i> | <i>Fibras ópticas. Alta velocidad</i> |
| <i>OC-255</i> | <i>13.21 Gbit/s</i> | <i>Fibras ópticas. Alta velocidad</i> |

Tabla 3. Canales de fibra óptica OC.

La tabla 3, refleja los flujos de datos o velocidades de transmisión de las comunicaciones por fibra óptica. Por ejemplo, el canal OC-48 de alcance intermedio, que tiene una tasa de datos de 2.498 Mbits/s ó lo que es lo mismo, de 2,498 Gbits/s (recordemos que esta magnitud corresponde a dos mil cuatrocientos noventa y ocho mil miles de millones de bits en un segundo) puede ser transportado por una sola fibra óptica. Si se efectuase una multiplexación por longitud de onda de 16 canales OC-48, se obtendría una capacidad de cerca de 520.000 canales de voz.

Como hemos podido apreciar en la tabla 3, la distancia de alcance de la transmisión y la velocidad de transmisión son dos conceptos relacionados. El medio de transporte también juega un papel determinante en la capacidad física y espacial del enlace. La siguiente figura relaciona estos tres conceptos. En capítulos posteriores de este trabajo, se estudiará con detalle estos tres aspectos fundamentales de las comunicaciones digitales.

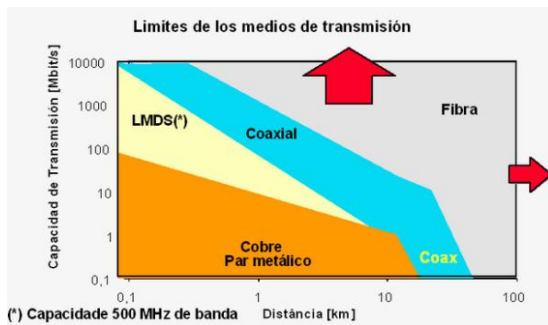


Fig.22 Medios de transmisión, velocidad y alcance físico

Un tema importante que hay que resaltar como importante, es la configuración de los ECD digitales en comparación con los terminales ECD de comunicación de datos analógicos.

Uno de los principales problemas consiste en que en la red analógica el flujo de datos que se recibe no se establece con la precisión que se requiere, por lo que en este caso el ECD/módem no puede sustentar ni fiar la sincronía a la red analógica para obtener la información de reloj. Esta es la razón por la cual el ECD/módem debe de contar con un reloj interno para asegurar la sincronía de la transmisión.

En la red digital, sin embargo, la señal de reloj se obtiene directamente de la propia red derivándose un reloj maestro de alta precisión que funciona como referencia de sincronía para la totalidad de la red digital pública de telecomunicaciones. La sincronización entre emisor y receptor es esencial en las redes digitales.

5. Tipos de modulación de datos.

Muchas de las líneas y redes de distribución que están en uso en el mundo de las comunicaciones de hoy en día son analógicas y no digitales, a pesar que estas últimas están cobrando cada día mayor presencia.

Como se apuntó anteriormente, una de las funciones principales del módem es convertir y reconvertir las señales digitales que recibe del equipo de cómputo en señales analógicas que pueden ser transportadas por redes analógicas.

Al hecho de transmitir la señal digital sin aplicar ningún tipo de modulación sabemos que es una técnica conocida como transmisión en *banda base*.

Cuando previamente a la transmisión se produce alguna de las técnicas de modulación digital, decimos que la transmisión se produce en *banda ancha*.

Como sabemos modular consiste en convertir la señal digital en una señal analógica, en la que iremos variando la amplitud, la frecuencia o la fase, o incluso amplitud y fase conjuntamente, según los valores que muestra la señal digital.

Una de las ventajas de la modulación en *banda ancha* frente a *banda base* es la posibilidad de la multiplexación de varias señales digitales moduladas, así como el alcance que esta modulación permite sin que el valor del ruido sea perceptible en el proceso.

En definitiva, el módem fundamenta y determina la técnica empleada en la modulación de datos, en la que una señal portadora sinusoidal se modula con los valores de la señal digital.

Es importante, detenerse un momento y hablar de la señal sinusoidal, que se llama así porque es la curva que representa a la función seno.

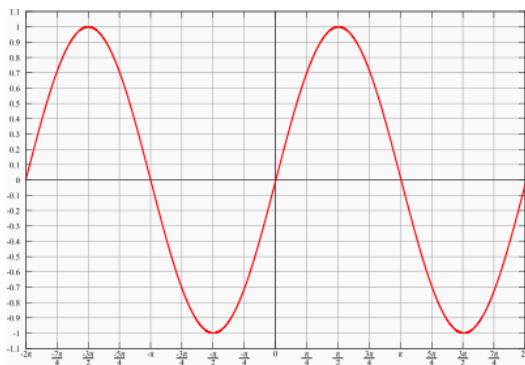


Fig.23 Función seno para $w=1$ y $\varphi=0$

La función senoide puede ser representada matemáticamente mediante las siguientes ecuaciones:

$$y(x) = A \sin(x + \varphi)$$

$$y(x) = A \sin(wx + \varphi)$$

$$y(x) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} x + \varphi\right)$$

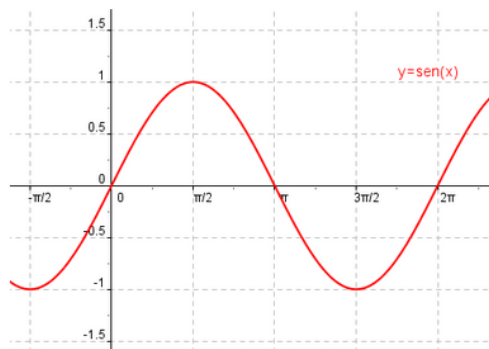


Fig. 24 Función seno con los valores en radianes en el eje x

Siendo

A en valor de la amplitud de la oscilación.

w el valor de la frecuencia angular, ($w = 2\pi f$) Vemos en la *figura 24* el valor de la frecuencia angular $2\pi f$

T corresponde al período de oscilación ($T = 1/f$)

wx + f es la fase de la oscilación

φ es la fase inicial

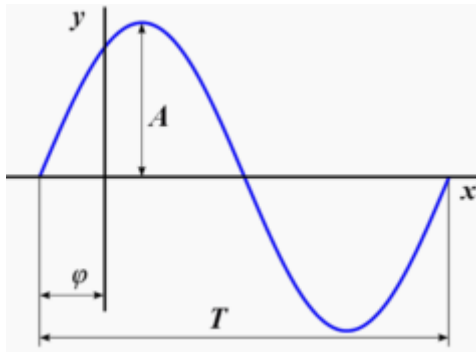


Fig. 25. Parámetros de la función sinusoidal

Las propiedades de la función seno son, como podemos ver en la figura 24.

(Reproducimos la fig. 24 para mejor comprensión de las propiedades de la función seno)

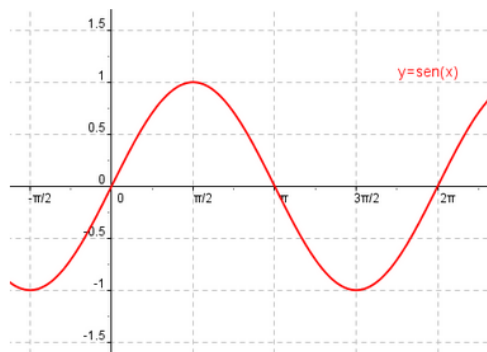


Fig. 24 Función seno

- **Dominio:** \mathbb{R}
- **Recorrido:** $[-1, 1]$
- **Periodicidad:** Es periódica, con período 2π .
- **Continuidad:** Es continua en su dominio, \mathbb{R}
- **Simetrías:** Es una función impar, ya que $\text{sen}(-x) = -\text{sen}(x)$
- **Cortes con eje X:** $\{x = 0 + \pi k, \quad k \in \mathbb{Z}\}$
- **Máximos:** $\{x = \pi/2 + 2\pi k, \quad k \in \mathbb{Z}\}$

- **Mínimos:** $\{x = 3\pi/2 + 2\pi k, \quad k \in \mathbb{Z}\}$
- **Crecimiento:**

- Crece en
 $(3\pi/2 + 2\pi(k - 1); \pi/2 + 2\pi k)$

Decrece en
 $(\pi/2 + 2\pi k; 3\pi/2 + 2\pi k)$

$$k \in \mathbb{Z}$$

La señal sinusoidal es la que ejerce de señal portadora en la modulación digital, de ahí la importancia de su conocimiento y detalle.

La función coseno, cuya representación gráfica es la función cosinusoide, es parecida a la función seno con un desplazamiento de fase de 90° , como podemos apreciar en la *figura 26*. Por tanto, puede ser utilizada en muchas ocasiones como señal portadora, considerando siempre el valor del desfase respecto a la función seno.

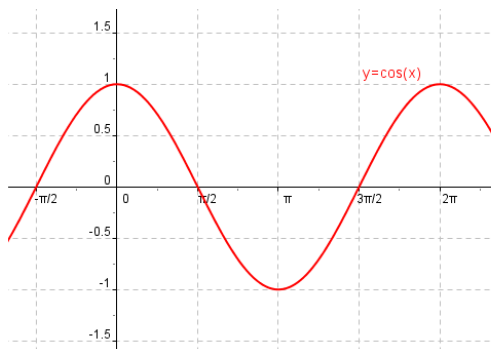


Fig 26. Función coseno (cosinusoide)

Son varias las técnicas básicas de modulación digital:

- Modulación digital en amplitud (ASK)
- Modulación digital en frecuencia (FSK)
- Modulación digital en fase (PSK)

Las siglas provienen de las siglas:

- **ASK** : Amplitude Shift Keying.
- **FSK**: Frecuency Shift Keying.
- **PSK**: Phase Shifht Keying.

5.1 Modulación en amplitud ASK.

La modulación en amplitud **ASK** es también conocida como **OOK** (*On-Off Keying*)

En realidad ASK es un caso particular de la modulación en amplitud **AM**, por tanto los demoduladores en AM son válidos para la detección de señales modulas en ASK. Ambas técnicas se fundamentan en los cambios de amplitud que se aplicarán a la señal modulada en función de los valores de la trama digital.

En ASK, el módem produce el cambio de amplitud de la portadora de cierto valor a cero según el valor de la señal digital, unos y ceros de la tasa de bits, o de un valor A a otro B según los cambios de valor en la señal digital.

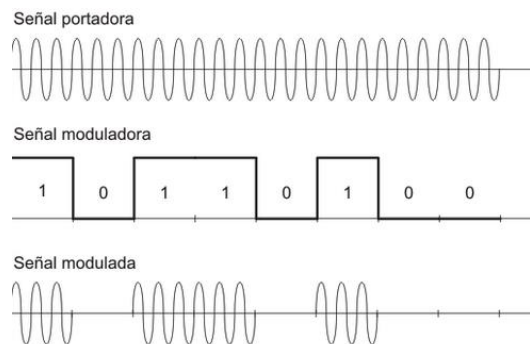


Fig.23 Modulación ASK

En la técnica de modulación digital ASK, la portadora sinusoidal toma dos valores de amplitud, definidos por los la señal de datos digital o binaria.

El modulador transmite cuando el valor binario de bit es 1 y suprime la transmisión cuando el valor de bit es 0, como podemos observar en la figura 23. Es en este caso cuando a la técnica se la conoce como **OOK**, (*on- off*)

El resultado de la modulación ASK se puede expresar mediante las siguientes expresiones matemáticas:

Señal portadora :

$$S_p(t) = A \sin[w_c t]$$

Señal moduladora

$$b(t) =$$

{1 cuando el bit enviado es 1 }

{-1 cuando el bit enviado es 0}

Señal modulada

$$x(t) = \left[\frac{b(t)+1}{2} \right] A \sin[w_c t]$$

La demodulación en ASK puede ser de dos tipos: coherente o no coherente. La primera, demodulación coherente es mucho más efectiva en cuanto a la protección frente al ruido inherente a toda transmisión.

Los principales factores que caracterizan a la modulación ASK son:

- Requiere de una arquitectura de circuitos poco complejos.
- Sin embargo, como dato negativo, este tipo de modulación es especialmente sensible a las interferencias, dando como resultado una elevada probabilidad de error en la modulación.
- Siendo **Fb** la velocidad de transmisión de los bits, el espectro mínimo de ancho de banda **Bw** de la señal modulada ha de resultar mayor que **Fb**. Quiere decir que la tasa de transmisión o bitrate tiene que ser menor que el ancho de banda del canal, o dicho de otra manera, el ancho de banda del canal debe de soportar el bitrate de la transmisión.
- La eficiencia de transmisión, definida como la relación entre **Fb** y **Bw**, ha de resultar menor que 1, al ser el segundo factor mayor que el primero, como acabamos de ver.
- El Baudio, definido como la velocidad de modulación o velocidad de símbolo, es igual a la velocidad de transmisión **Fb**.

Es interesante hacer un paréntesis y detenernos en el concepto de **baudio** (*baud, como denominación internacional*) fundamental en el campo de las transmisiones analógicas procedentes de fuentes digitales, así como en general en el mundo de las telecomunicaciones.

El baudio representa el número de símbolos por segundo en la transmisión y determina el número de cambios de la señal en un segundo. Cada símbolo puede estar compuesto por uno o más bits, siendo este factor dependiente del tipo de modulación aplicada.

Solamente cuando el símbolo codifica un solo bit, podemos afirmar que la velocidad de transmisión de baudios o tasa de transmisión de símbolos, **baud rate**, es igual que la tasa de transmisión de bits o **bit rate**. Es decir cuando la velocidad de transmisión de baudios es la unidad y por tanto cada símbolo

transporta un solo bit por segundo, podemos afirmar que el baud rate y el bit rate son iguales.

Por tanto,

$$n = \frac{rb}{rs}$$

siendo n el número de bits por nivel para la codificación de la línea. En este caso, cuando las velocidades de baudios y de bits coinciden, n es igual a la unidad y, por tanto, el número bits por nivel es igual a uno.

Cuando la tasa de baudios rb y la tasa de transmisión de bits rs son iguales, es decir $rb = rs$, entonces la duración de símbolo y la duración de bit son también iguales, $Tb = Ts$

Es el caso de los famosos teletipos, origen del concepto baudio. En este caso, como la transmisión se basaba en sencillos cambios de nivel de voltaje, 1 (+), 0 (-), cada símbolo representaba un solo bit o impulso elemental, y su velocidad de transmisión en bits por segundo coincidía con la velocidad en baudios.

Existen diferentes clases de modulación digital ASK denominadas modulaciones **ASK multinivel** en las cuales la amplitud de la señal modulada toma más de dos valores.

En los esquemas de modulación multinivel, cada símbolo lleva la información de M bits por lo que el número de amplitudes posibles durante el proceso de modulación es de 2^M

Los esquemas de modulación multinivel llevan asociados una mayor tasa de bits transmitidos puesto que se envían M bits en cada tiempo de símbolo. Sin embargo, el valor máximo que M puede alcanzar queda limitado, debido fundamentalmente a que el hecho de aumentar la tasa de bits disminuye las diferencias entre las amplitudes, con lo que el sistema es más vulnerable al ruido debido a la transmisión.

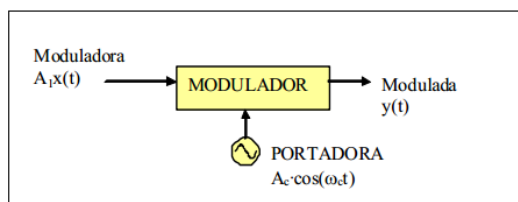


Fig.24 Modulación ASK multinivel

En la modulación multinivel, como hemos visto, cada símbolo lleva asociado la información de varios bits. Para entender mejor el proceso llevado a cabo, se puede analizar la señal moduladora de dos maneras diferenciadas.

- Es posible considerar que la señal moduladora es una secuencia de bits implementada como secuencia de pulsos o símbolos binarios en banda base. Entonces, podemos entender que el modulador mapea un número determinado de bits para ofrecer un símbolo ya modulado.
- O puede ser que la señal moduladora sea una secuencia de símbolos en banda base que ya son multinivel, es decir, que cada símbolo lleva asociado la información de varios bits. En este caso, tiene que intervenir un circuito en el proceso previo al de modulación, que cambia la señal binaria a multinivel, antes de atacar la entrada al modulador.

5.2 Modulación en frecuencia FSK

El tipo de modulación **FSK**, así como otros similares, se utilizan cuando el canal de comunicación que se va a utilizar hacen inadecuada la transmisión de la señal en banda base.

La modulación **FSK** (*Frequency Shift Keying*) se emplea en la transmisión de datos digitales a través de líneas de comunicaciones analógicas.

A diferencia de la modulación ASK estudiada anteriormente, donde era modificada la amplitud de la señal portadora en función de unos valores, en la modulación FSK es la frecuencia de la señal portadora la que sufre modificaciones en relación a los valores de la trama digital.

Básicamente consiste en la generación de una señal sinusoidal denominada portadora, con diferentes valores de frecuencia en función de los datos digitales que han de transmitirse. Esta señal, se amplifica con posterioridad para ser adaptada convenientemente en impedancia al canal de comunicación por el que va a ser transmitida.

Así que, por tanto, la modulación FSK más sencilla consiste en la generación de una señal portadora de frecuencia f_1 cuando el bit a transmitir sea un “0” y una señal portadora de frecuencia f_2 cuando el bit sea un “1”. Existen esquemas más complejos donde se emplean 4, 8, 16 e incluso más frecuencias, las cuales se seleccionan mediante grupos de 2, 3, 4 o más bits.

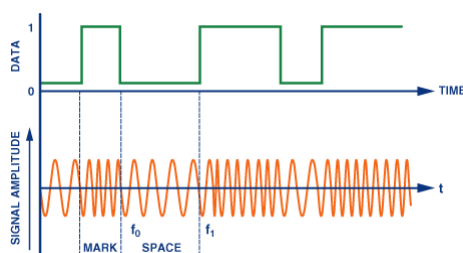


Fig. 25 Modulación FSK

Los datos digitales son transmitidos en serie, secuencialmente, lo que significa que la elección de las dos frecuencias f_1 y f_2 debe de tener en cuenta la capacidad del canal de comunicación, la tasa de binaria o bit rate con que llegan los datos digitales al emisor y de la capacidad del receptor para ser capaz de discernir ambas frecuencias, para ser capaz de recuperar la trama original.

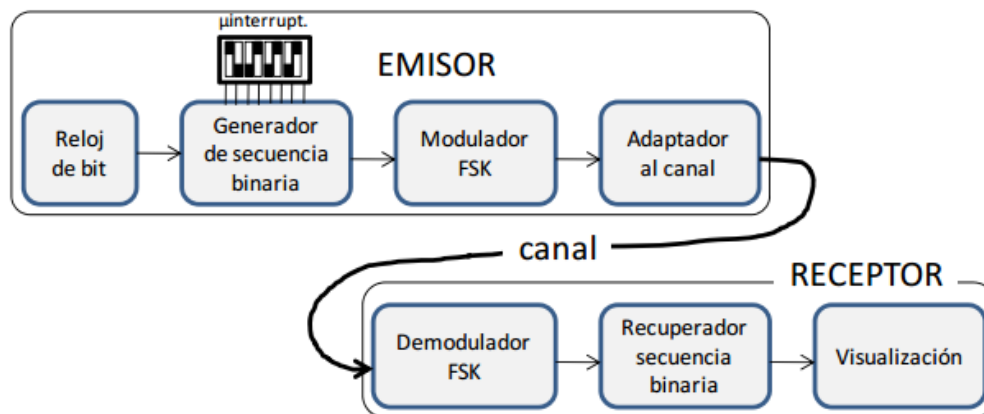


Fig. 26 Canal de comunicación empleando modulación FSK.

Normalmente en una transmisión con modulación FSK sencilla, es decir, con dos frecuencias correspondientes cada una de ellas correspondiendo a un determinado valor de bit, el emisor está compuesto por un generador de secuencia binaria, controlado por micro interruptores con el objeto de generar dicha secuencia, y un reloj de bit que determina la tasa binaria y sincroniza el sistema.

El receptor se compone de un demodulador FSK capaz de obtener la secuencia de bis en función de las dos frecuencias transmitidas, que a su vez pasan por un regenerador de la secuencia binaria, el cual ha de recuperar el reloj original a partir de esta secuencia y no perder la sincronización. El resultado debe de representar la información binaria de manera comprensible.

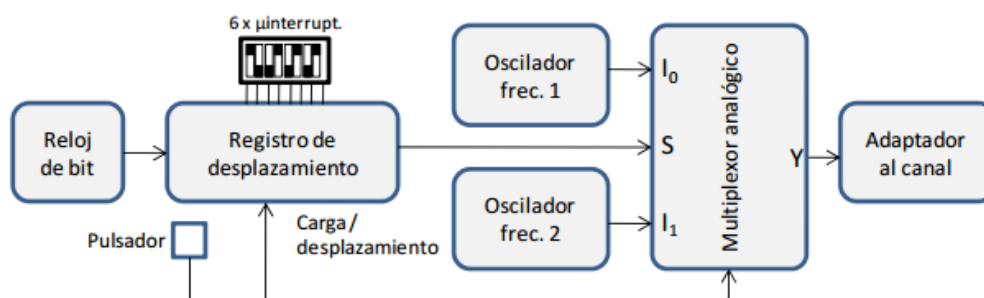


Fig. 27 Detalle del circuito emisor aplicado en modulaciones FSK.

El modulador FSK se compone de dos osciladores generadores de frecuencia que entregan las dos portadoras f_1 y f_2 y de un multiplexor analógico, que transmite a su salida Y la señal presente en una de sus dos entradas, I_0 e I_1 cada una de ellas en función de las señales generadas por ambas portadoras.

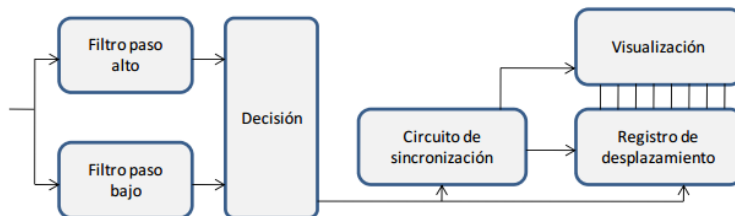


Fig. 28 Detalle del circuito receptor en modulaciones FSK.

En cuanto al circuito receptor, el demodulador FSK está compuesto por dos filtros, uno de paso alto y otro de paso bajo, en paralelo, con el objeto de discernir la dos frecuencias presentes en la transmisión.

El circuito de decisión situado inmediatamente después de los dos filtros tiene como misión discriminar si la señal entrante por el canal se corresponde con un “1” o con un “0”.

A la salida del circuito de decisión, se encuentra el circuito de sincronización que ha de ser capaz de detectar la llegada de una nueva secuencia y por tanto de generar un reloj de bit sincronizado con el del emisor, empleándose, además, para cargar la secuencia binaria en el registro de desplazamiento con el fin de mostrarla en circuito de visualización.

La secuencia digital que ha de transmitirse se denomina técnicamente trama y está formada por 7 bits. El primer bit que se transmite se conoce como bit de inicio y debe de tener obligatoriamente el valor lógico “1”. Este bit se emplea posteriormente en el receptor para detectar la llegada de una nueva trama.

Para conseguir una modulación digital FSK se debe de partir como base de una señal digital binaria de información, a la que se denomina $f(t)$. Los niveles de voltaje de esta señal se establecen en 0 y 1 voltio, definiéndose una anchura o longitud de bit como $T(b)$, estableciéndose por regla general este valor en 1 ms. (microsegundo). El reloj de bit que determina la tasa binaria se fija en una frecuencia de 1 Hz para una longitud de bit $T(b)$ de 1 ms. Este valor debe de ser constante e inamovible durante el proceso, so pena de perder la sincronización.

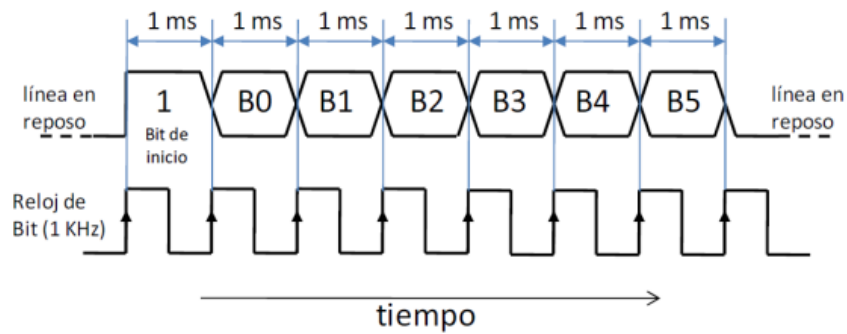


Fig. 29 Forma de onda de la trama generada por el emisor y su reloj de bit.

Los bits restantes situados después del bit de inicio, $B0$, $B1 \dots B5$ corresponden a los datos transmitidos y se van sucediendo de manera secuencial tras el bit de inicio.

A diferencia de la modulación ASK, en este tipo de modulación por desplazamiento de frecuencia se usan dos señales portadoras de alta frecuencia, f_1 y f_2 tal y como hemos visto anteriormente. Ambas portadoras tienen el mismo valor de amplitud A voltios.

Las ecuaciones correspondientes a cada señal portadora son, por consiguiente

$$f_{FSK}(t) = A \cos f_1(t) \text{ si } f(t) \text{ es } 1V \text{ (1 lógico)}$$

$$f_{FSK}(t) = A \cos f_2(t) \text{ si } f(t) \text{ es } 0V \text{ (0 lógico)}$$

como se muestra en la figura 30.

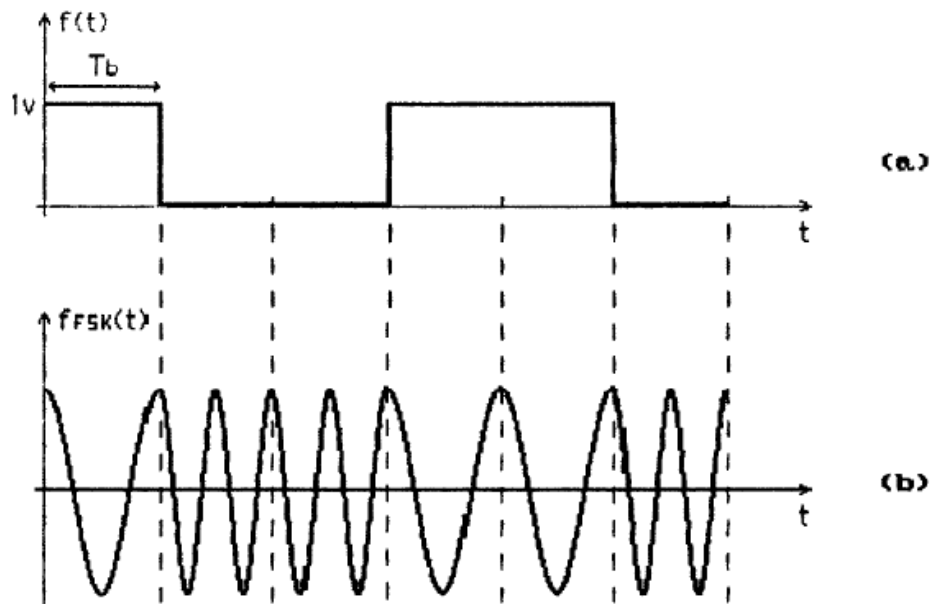


Fig. 30 Señales de la modulación FSK; a) señal binaria de información; b) señal modulada FSK.

Es importante apuntar que las dos frecuencias presentes en la modulación FSK, f_1 y f_2 no tienen porqué estar sincronizadas en fase, es decir, que no sean múltiplos de una frecuencia base. Si las dos frecuencias no están en fase, la señal modulada FSK tendría una forma de onda discontinua, lo que motivaría discontinuidades de fase en la señal analógica de salida, FSK, provocando que el demodulador tuviese problemas para seguir la frecuencia de la señal transmitida, con la indeseable consecuencia de aparición de errores en la recepción. Se muestra un ejemplo en la figura 31.

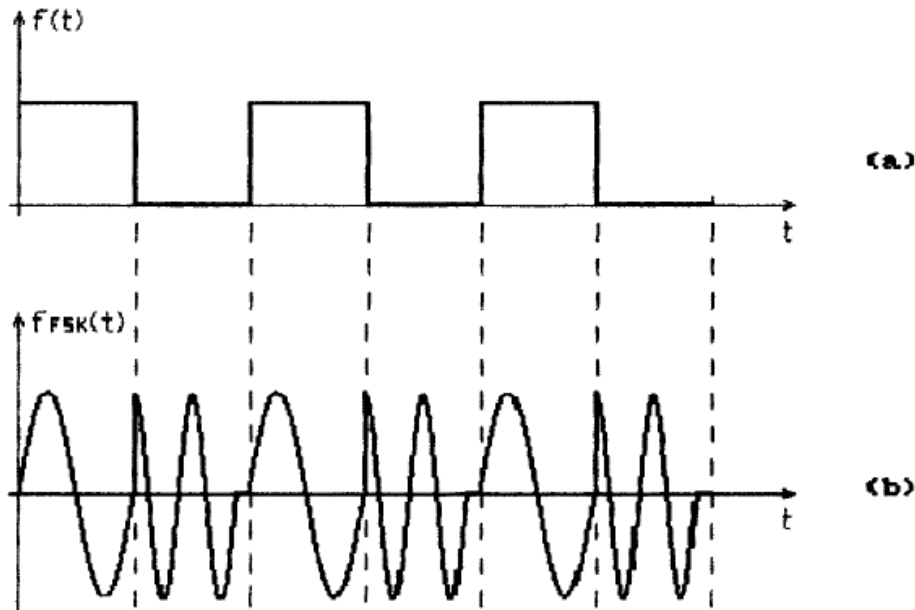


Fig. 31 Forma de onda no continua producida cuando las dos frecuencias de las portadoras no están en fase.

Para evitar este problema, se suelen sincronizar en fase las dos frecuencias f_1 y f_2 . Esta sincronización se alcanza al establecer que cada una de ellas tenga un valor múltiplo respecto de una misma frecuencia base, f_{base} de valor $1/T$ siendo T el período de la onda.

$$f_1 = m \times f_{base}$$

$$f_2 = n \times f_{base}$$

Siendo m y n números enteros.

De esta forma, la forma de onda de esta nueva señal modulada FSK no presenta discontinuidades de fase, produciéndose la transición entre frecuencias en el cruce de 0 voltios, según vemos en la figura 32.

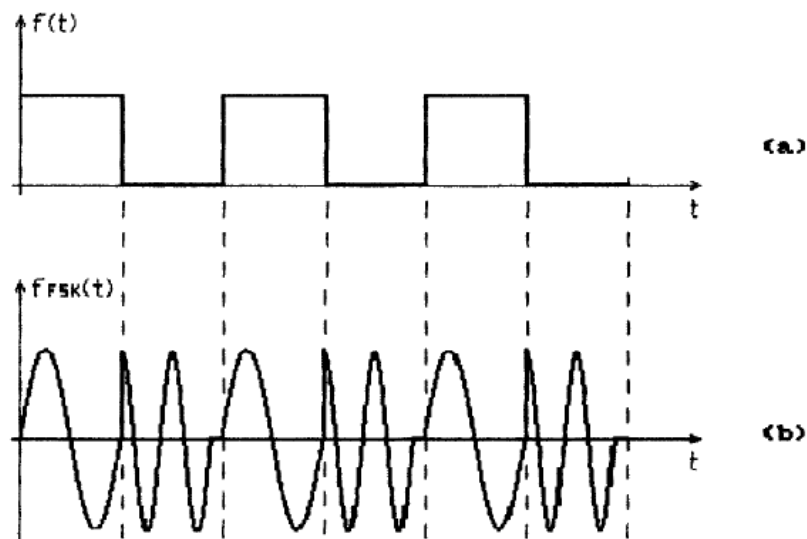


Fig. 32. Transición en 0 voltios entre las dos frecuencias sincronizadas en fase de las señales portadoras.

Este tipo concreto de modulación FSK recibe el nombre de **MSK** (*Minimum Shift Keying*) ofreciendo un mejor comportamiento frente a posibles errores en la recepción. El único inconveniente de MSK frente a FSK es que la modulación MSK precisa de circuitos de sincronización, hecho que convierte en más caro al proceso, pero también con menos margen de error.

Una técnica derivada de la modulación digital MSK, es **GSMK** (*Gaussian Minimum Shift Keying*) usada frecuentemente en los sistemas de comunicación vía radio. GSMK logra reducir el ancho de banda de la transmisión al introducir un filtro gaussiano a un modulador MSK cuya función fundamental es la corregir los cambios abruptos de la fase que se presenta en la modulación MSK, aunque esta ventaja acarrea problemas de interferencias en el sistema.

Actualmente la modulación GSMK es usada en técnicas de transmisión de datos como GPRS (*General Packet Radio Service*), que es un subsistema introducido en las normas de los protocolos GSM.

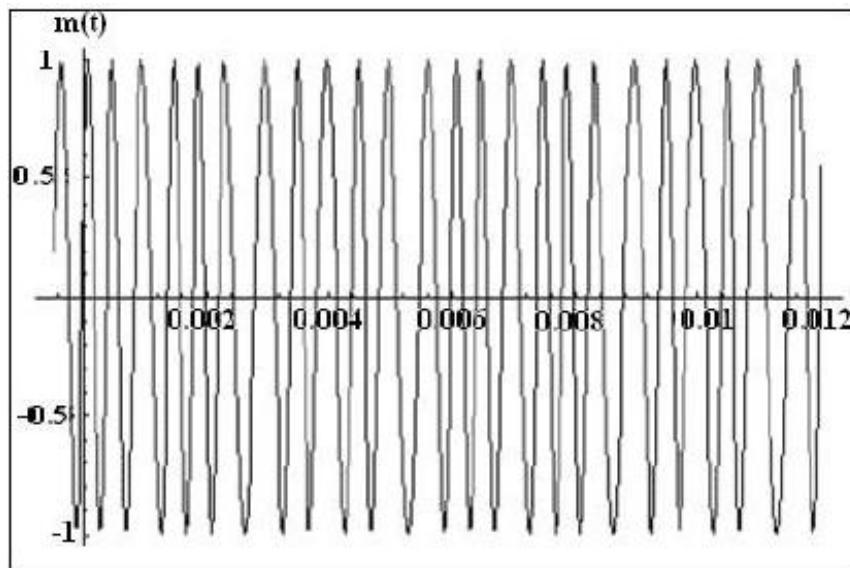


Fig. 33. Señal modulada GMSK

5.3 Modulación en fase PSK.

PSK (*Phase Shift Keying*) es una importante técnica de modulación aplicada a tramas digitales, en la cual la fase de la señal sinusoidal de la portadora juega un determinante papel. También se la conoce como **BPSK** (*Binary Phase Shift Keying*).

En esta técnica la información se va a modular en fase, dependiendo de los valores de entrada que ofrece la trama digital, con lo que la señal analógica de salida tendrá una u otra fase en función de esos valores.

Estudiemos una señal digital cuya trama contiene la información transmitir, con unos niveles de voltaje entre ± 1 voltio y con una anchura de bit $T(b)$. Consideremos una señal portadora de alta frecuencia cuya ecuación es $(\cos f_1 t)$

La función de la señal modulada en fase BPSK se define como

$$f_{BPSK}(t) = f(t) \cos f_1 t$$

Al considerar dos valores lógicos 1 y 0, entonces

$$f_{BPSK}(t) = + \cos f_1 t \text{ si } f(t) = +1 \text{ V (1 lógico)}$$

$$f_{BPSK}(t) = - \cos f_1 t \text{ si } f(t) = -1 \text{ V (0 lógico)}$$

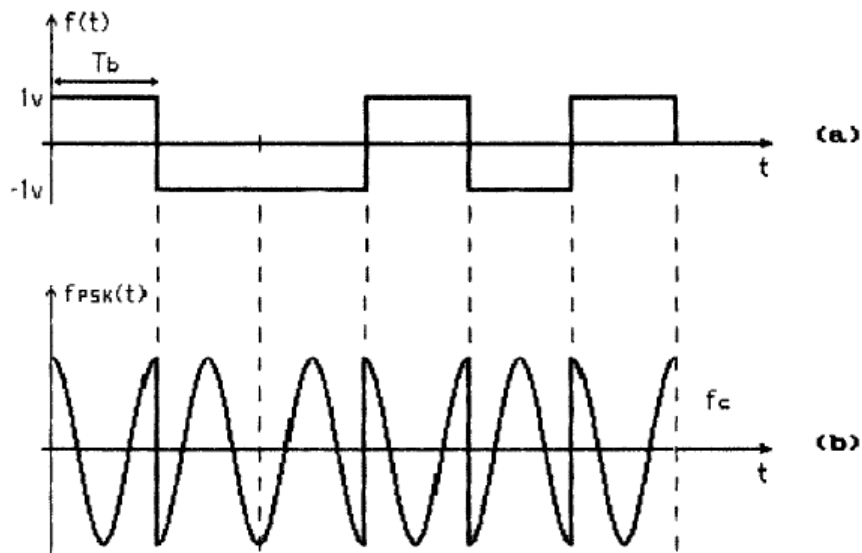


Fig. 34 Modulación BSPK. a) señal binaria de información; b) señal modula BPSK.

Cuando la entrada se corresponde con un 0 lógico la fase absoluta de la señal de salida es de 180° . Cuando la entrada es de 1 lógico, el modulador cambia la fase a 0° , como vemos en ña figura 34.

Un modulador PSK de M fases pone la fase de la portadora en una fase determinada de entre M valores ,dependiendo de los valores de la señal moduladora.

Un sistema de dos fases es que sea ha analizado anteriormente, y es conocido como BPSK. Un sistema de cuatro fases se denomina QPSK, y a uno de ocho fases se le conoce como 8-PSK, ambas modulaciones utilizadas en transmisiones vía satélite.

Cualquier tipo de modulación PSK puede ser directa o indirecta, según que la fase de la portadora se determine por el estado de la señal moduladora o por el cambio de estado de la señal moduladora, respectivamente.

La fase de la portadora adopta un número finito de valores. El tiempo de transición entre fases sumado al tiempo en el cual la fase se mantiene constante se denomina *período de símbolo* y a la onda transmitida se la denomina *símbolo*.

Al conjunto de símbolos para cada tipo de modulación digital PSK se le llama *alfabeto de modulación*. Por ejemplo, la modulación BPSK tiene un alfabeto de dos símbolos.

La secuencia de bits de la señal moduladora determina que símbolo de los M del alfabeto debe de transmitirse.

Se requieren N_b bits para determinar cuál de los M símbolos del alfabeto hay que transmitir, según la siguiente ecuación:

$$N_b = \log_2 M$$

N_b corresponde al número de bits por símbolo, según el esquema de modulación en fase M-PSK. En la práctica se toma M como potencia de 2 para que N_b sea un número entero.

Por ejemplo para

BPSK $M=2$ $N_b = 1$

QPSK $M=4$ $N_b = 2$

8-PSK $M=8$ $N_b=3$

5.4 Diagrama de constelación.

Se conoce como diagrama de constelación a un sistema de representación en el plano de los distintos estados que toman los símbolos de la señal digital en las técnicas de modulación digital, en términos de amplitud y fase.

Se trata de una representación espacial que ofrece importante información sobre tipos de modulación digital como BPSK, QPSK y QAM.

El eje x se refiere a los componentes de los símbolos que están en fase con la señal portadora, mientras el eje y indica los componentes en cuadratura, es decir a 90° .

La figura 35 muestra el diagrama de constelación de modulación digital BPSK.

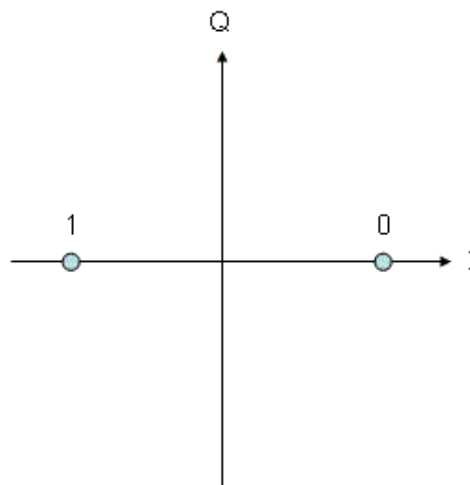


Fig.35 Diagrama de constelación BPSK.

En este diagrama, el bit 0 está asociado a la señal con fase 0° , es decir no desfasada y el bit 1 se asocia a la señal con fase 180° respecto a la anterior.

En los diagramas de constelación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los distintos estados de la señal, es decir las diferentes fases que se se generan en la modulación, se representan por puntos sobre los ejes coordenados.
- Es habitual mostrar vectores asociados a esos puntos.
- La distancia de un punto al origen de coordenadas representa la amplitud, caracterizada por la longitud del vector que se genera desde ese punto al origen. En PSK la longitud de este vector es constante, desde el punto que representa la fase 0° y la que representa la fase 180°
- En ángulo del vector respecto al semieje positivo x o abscisas representa la fase de la señal En la figura 36 el ángulo del vector que une el punto que representa el símbolo 11 y el origen es de 45° .
- Cada punto suele llevar asociados uno o más bits.

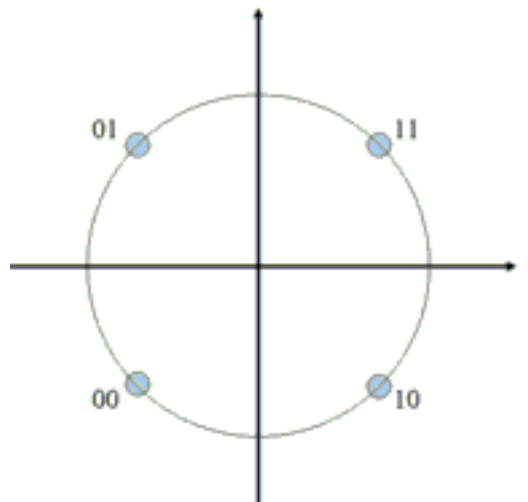


Fig. 36 Diagrama de constelación para QPSK o 4-PSK

En este caso, modulación digital QPSK, también conocida como 4-PSK, tenemos que:

Dibit 00 asociado a la señal con fase 215° .

Dibit 10 asociado a la señal con fase 315° .

Dibit 11 asociado a la señal con fase 45°

Dibit 01 asociado a la señal con fase 135° .

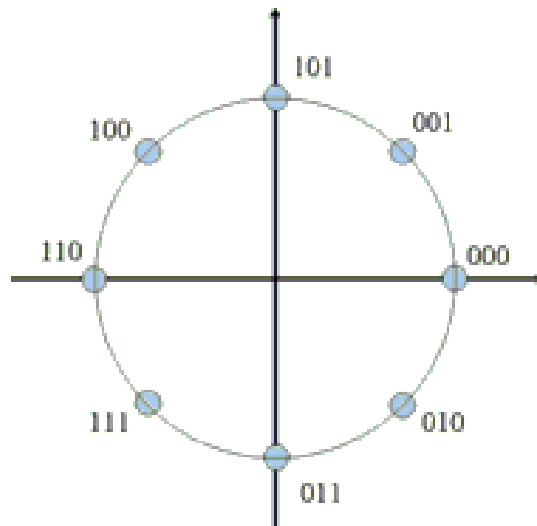


Fig. 37 Diagrama de constelación para 8-PSK

En el caso de modulación digital 8-PSK los símbolos están compuestos por tribits, tres bits por símbolo..

Nótese que en el caso QPSK y 8-PSK la amplitud de la señal correspondiente a cada símbolo es la misma, manteniéndose constante, y variando únicamente la fase.

Los diagramas de constelación tienen la función, entre otras, la de ofrecer información sobre el tipo de interferencia que hay en la transmisión y la consecuente distorsión de la señal.

La figura 38 y 39 nos muestran unos diagramas de constelación reales QPSK y 8-PSK respectivamente, donde se aprecian los cuatro puntos principales en el caso QPSK y los 8 en el de 8-PSK, aunque la señal sufre variaciones que hacen aparecer una nube de puntos alrededor de los principales.

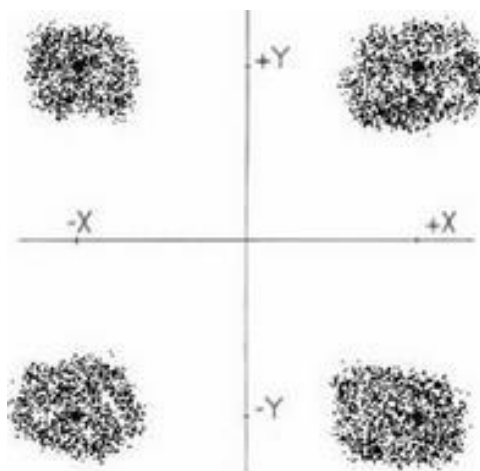
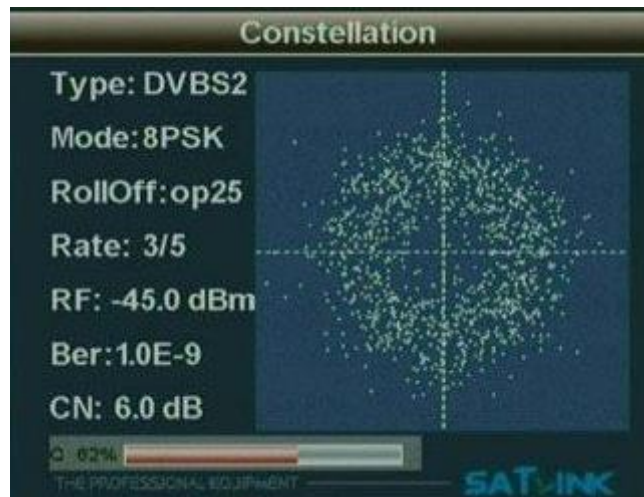


Fig.38 Diagrama de constelación real para QPSK



Fif.39 Diagrama de constelación real para 8-PSK.

Los ejes del diagrama de constelación se denominan I (en fase) y Q (en cuadratura). A cada una de las posiciones de los valores de símbolo en el diagrama, y que se representar como un punto, se la conoce como *punto de la constelación*. Cada uno de estos puntos representan, como hemos visto, símbolos de modulación que componen el alfabeto de la estructura digital o trama, y que servirán de base en el proceso de modulación.

5.5 Tren de símbolos y formas de onda asociadas.

Como sabemos la función principal de la modulación digital es la conversión del flujo de bits en señales adecuadas para su transmisión por redes analógicas.

Para ello el flujo de bits suelen agruparse en *palabras* compuestas por k bits, llamados símbolos, que componen el alfabeto digital.

Tal y como observamos en la Fig. 40. para cada símbolo se elige una señal $s_m(t)$ distinta, de duración T (*periodo del símbolo*)

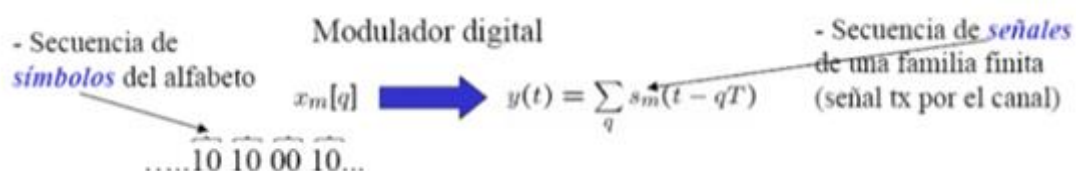


Fig.40 Proceso de modulación digital

Si un símbolo está compuesto por bloques de k bits, existen

$$M = 2^k$$

símbolos diferentes que precisarán 2^k señales diferentes. Por tanto, existe una señal biunívoca entre cada elemento del alfabeto de símbolos y cada señal del alfabeto de señales.

La Fig.41 muestra un ejemplo de modulación digital en la que podemos observar como el flujo de bits se agrupa en *dibits* o parejas de dos, tales como 11, 10, 01, 00. A cada posible *dibit* se le asigna una forma de onda, representada gráficamente como un rectángulo, un triángulo, el mismo invertido y por fin por un voltaje cero. Cuatro símbolos de dos bits cada uno, necesitan 4 estados de la señal.

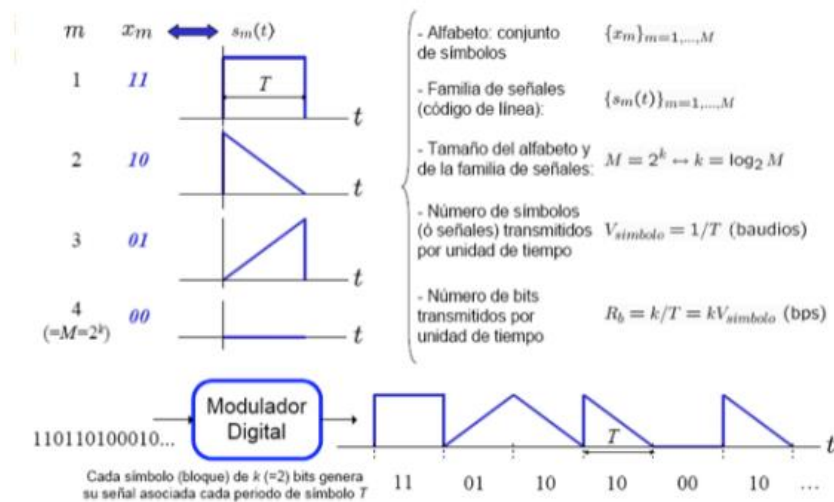


Fig. 41. Ejemplo de modulación digital.

El modulador va generando sucesivamente diferentes formas de onda, pero siempre teniendo como base para la selección una de las cuatro formas representadas, cuadrado, triángulo, triángulo invertido y segmento cero, como se ve con más detalle en la siguiente ilustración. Estas formas se toman según vaya produciéndose el tren dibit.

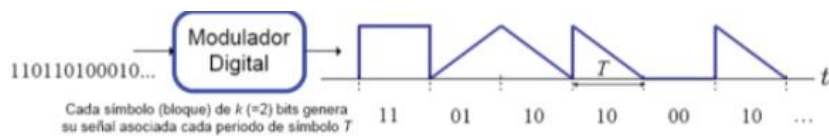


Fig. 42 Formas de onda asociadas al tren dibit

Deducimos de lo anterior que la modulación digital que se está produciendo en el ejemplo, es una modulación en cuadratura, con cuatro formas de onda, por lo que su diagrama de constelación sería el siguiente

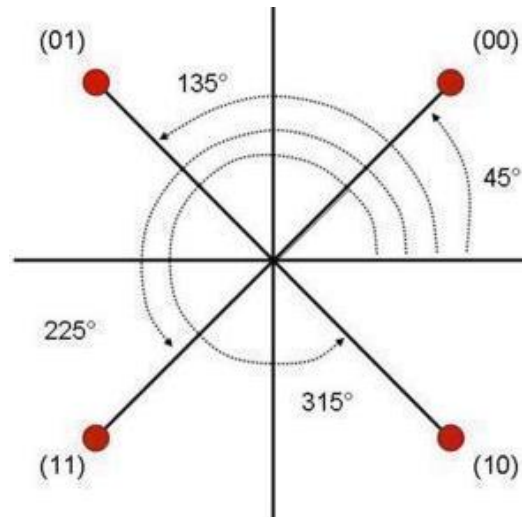


Fig. 43 Diagrama de constelación en cuadratura.

. El tren de pulsos dibit del ejemplo era:

11 0110 10 00 10

Si observamos el diagrama de constelación deducimos que

- La primera señal estará desfasada respecto al origen de coordenadas en 225° (**11**)
- La segunda señal generada lo estará 135° (**01**)
- La tercera y la cuarta aparecerán con un desfase de 315° respecto al origen (**10**)
- La quinta (00) tiene un desfase de 45°
- La sexta, de nuevo (**10**) estará desfasada en 315° .
-

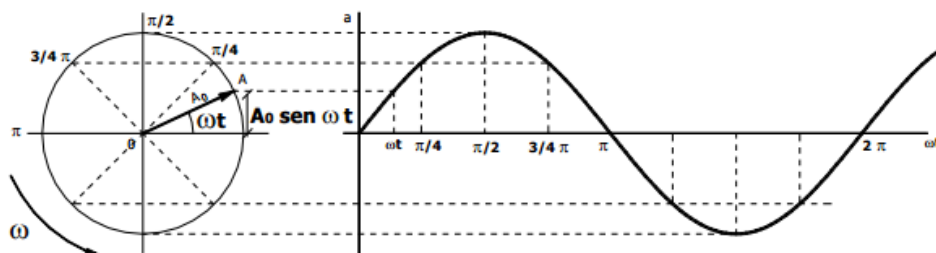


Fig. 43. Representación gráfica para calcular los desfases de la señal en el tren dibit del ejemplo.

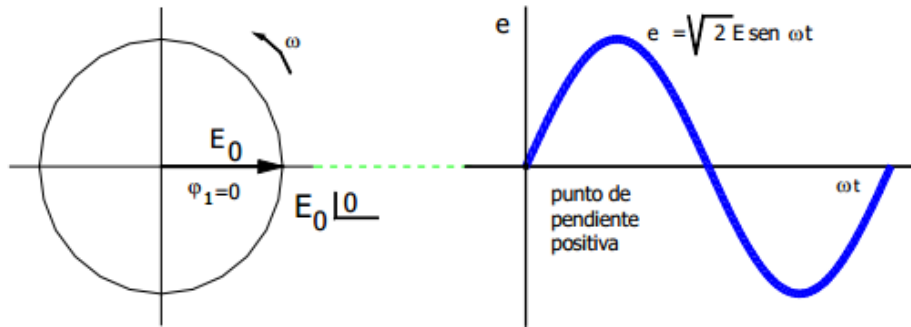


Fig. 44. Señal sinusoidal partiendo del origen a 0°

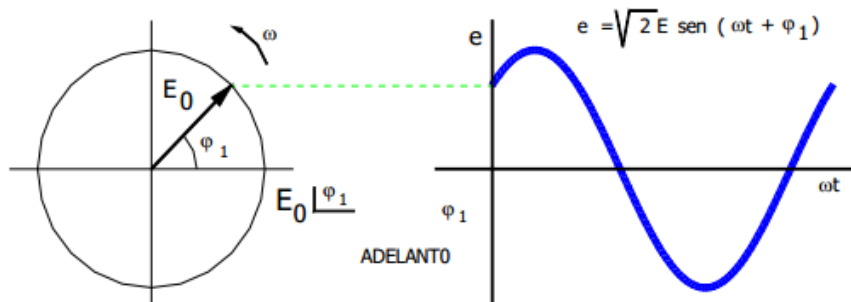


Fig. 45. Señal desfasada 45° respecto al origen, correspondiente al símbolo dibit 00.

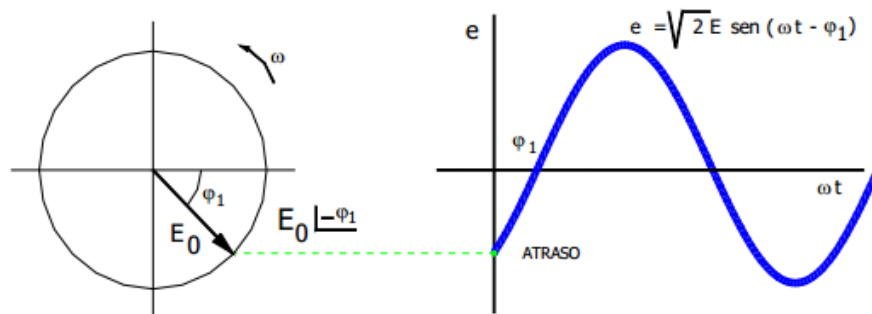


Fig. 46 Señal desfasada 315° respecto al origen, correspondiente al símbolo (10)

Como hemos visto en la Fig. 41, la modulación digital se compone de una serie de conceptos que es necesario resaltar:

- **El alfabeto:** Conjunto de símbolos, $\{x_m\}$ siendo el valor de m aquel en que se agrupan los bits, es decir 2 (dibit), 3 (tribit) etc.
- **Familia de señales** $\{s_m(t)\}$ en la que a cada símbolo se asocia una forma de señal, como hemos visto anteriormente.
- **Tamaño del alfabeto y de la familia de señales** de valor $M = 2^k$ siendo el valor de $k = \log_2 M$. Dos por bit por símbolo, implica cuatro estados.
- **Número de símbolos transmitidos por unidad de tiempo T** medido en baudios $V_{símbolo} = 1/T$

- **Número de bits transmitidos por unidad de tiempo.** $R_b = kT = kV_{\text{símbolos}}$
Se mide en bps (bit por segundo)

El número de posibles señales que tiene una modulación digital (puntos que hay en la constelación) se denomina **orden de la constelación**. Si llamamos M al orden de la constelación, el número de bits que trasmite cada símbolo como sabemos es

$$k = \log_2 M$$

Por ejemplo. En el caso de la modulación BPSK, el valor de k es 1
Como vemos en la siguiente figura

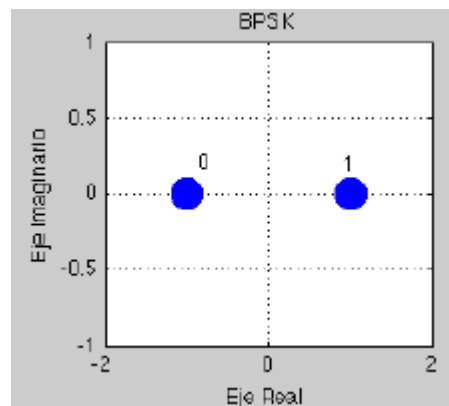


Fig. 47. Modulación BPSK con el valor $k = 1$

En este caso, como observamos en la figura cada punto tiene el valor de un bit, y el número de puntos es

$$M = 2^1 = 2 \text{ puntos}$$

En la modulación QPSK o QAM en la que cada punto está compuesto por 2 bits, el orden de la constelación es

$$M = 2^2 = 4 \text{ puntos}$$

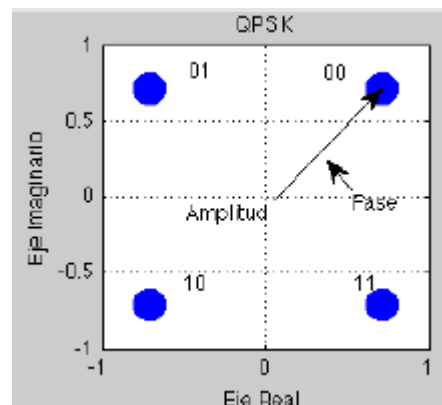


Fig. 48. Modulación QPSK con el valor $k = 2$

En la modulación digital 16 QAM, en la que cada punto agrupa a 4 bits, el orden de la constelación es

$$M = 2^4 = 16 \text{ puntos}$$

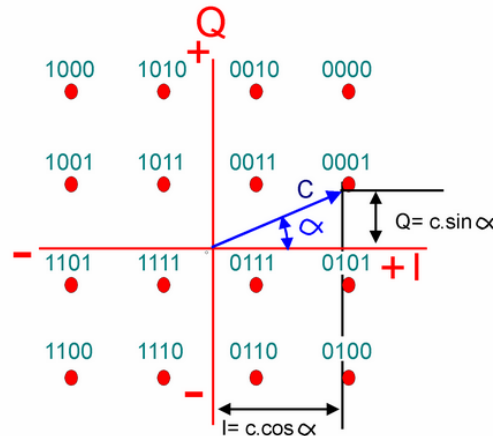


Fig. 49 Modulación digital 16QAM en la que el valor de $k = 4$

El orden de constelación de la modulación digital 64-QAM en la que cada punto agrupa 6 bits es

$$M = 2^6 = 64 \text{ puntos}$$

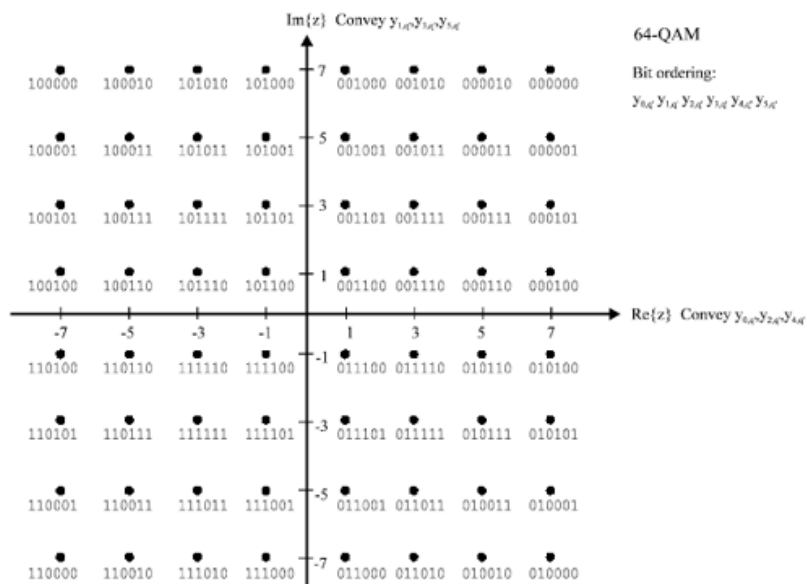


Fig. 50 Modulación digital 64-QAM con un valor de $k=6$

En las modulaciones con órdenes de constelación 16 o superiores, el valor de la amplitud y fase de cada punto es distinto, lo que no ocurría en las modulaciones de órdenes inferiores, como QPSK en las que el valor de la amplitud de cada señal era la misma para cada punto, como podemos comprobar en las figuras correspondientes.

Por ejemplo, en la Figura 48 donde se representa una modulación de orden 4 (Q), QPSK. Junto a cada punto se aprecian los bits que se representan en cada tiempo de símbolo. Si el receptor recibe a señal correspondiente al punto situado arriba a la derecha, es decir en que ese momento la portadora tiene una amplitud cercana al valor 1, y una fase de 45° , el receptor interpreta que se está recibiendo un dicit de valor 00.

Si por el contrario, recibe una señal con la fase y la amplitud del punto situado arriba a la izquierda, es decir, con un amplitud igual a la anterior pero con una fase de 135° , el receptor interpreta la recepción de 01.

Así sucesivamente.

Cada una de las señales particulares, desfasadas, que componen la portadora tienen una duración determinada, un tiempo de símbolo, denominado T_s . Cada tiempo de símbolo, por tanto, se transmiten N bits.

Si la transmisión se realiza a $R_s = 1/T_s$ símbolos por segundo, en realidad se están transmitiendo

$$R_b = R_s \times N \text{ bits por segundo}$$

A lo que se denomina tasa de bit, o flujo de datos, velocidad de bit o tasa de transmisión, y también bitrate.

6. Multiplexación

La realidad de las redes de comunicación y del espectro electromagnético es que el ancho de banda es un valor limitado. Una de las funciones que tiene la industria de las telecomunicaciones es administrar coherentemente y con inteligencia, este recurso, básico y fundamental para las comunicaciones de nuestros días, las cuales demandan, en una progresión geométrica cada vez más elevada, una conectividad con más velocidad de proceso y de transmisión de datos.

Muchas veces, es preciso acoplar varios canales con bajo ancho de banda en un solo canal de mayor amplitud. A esta técnica se la conoce como multiplexación.

Por consiguiente, cuando el ancho de banda del enlace que une dos dispositivos es mayor que el ancho de banda que requieren ambos terminales para transmitir datos entre ellos, es posible, entonces, compartir el ancho de banda del enlace para realizar la conexión.

Multiplexación es el conjunto de técnicas que posibilitan la transmisión simultánea de un determinado número de señales a través de un único enlace, sea este analógico o digital.

La idea no es activar enlaces individuales cada vez que crece el tráfico de datos, sino más bien establecer líneas de mayor capacidad que permitan multiplexar señales. Lo primero llevaría consigo ingentes gastos en infraestructuras, los segundo consiste en optimizar los recursos y en todo caso implementarlos para dotarles de mayor capacidad.

La multiplexación es una tecnología absolutamente imprescindible en la sociedad de nuestros días. Las centrales telefónicas, la emisión TDT, el bonding en transmisiones IP, las redes de comunicaciones basadas en fibra, las conexiones vía satélite, las plataformas digitales de contenidos, la televisión por cable, etcétera, son servicios que el mundo de la telecomunicación nos sirve cada día y cuyo transporte de datos se fundamenta en la técnica de la multiplexación.

Veamos como funciona.

En una estructura a la que se ha aplicado la técnica de la multiplexación, n líneas comparten el ancho de banda de un enlace.

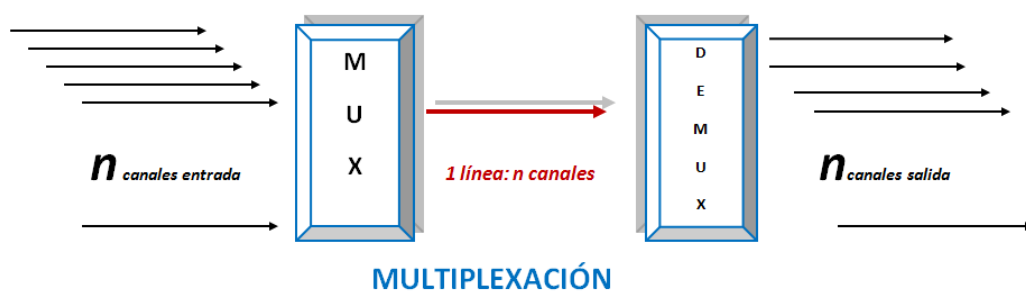


Fig. 51 Multiplexación

Las líneas de entrada encaminan su tráfico de datos a un equipo denominado multiplexor y cuyas siglas internacionales son MUX, que tiene la misión de agrupar convenientemente el flujo de estos canales en un solo enlace o línea. En el punto de destino de la transmisión un equipo demultiplexor, cuyas siglas son DEMUX, recibe el flujo combinado en el proceso de multiplexación para proceder a la separación de los flujos de datos de cada canal en origen para, posteriormente, dirigirlos a cada una de las líneas de salida.

Existen tres técnicas de multiplexación fundamentales. Se trata de la **multiplexación por división de frecuencia (FDM)**, **multiplexación por división de la longitud de onda (WDM)**, ambas con proyección para multiplexar señales analógicas, mientras el tercero de los modelos denominado **multiplexación por división en el tiempo (TDM)** se diseñó para hacerlo con señales digitales.

Una cuarta técnica está en cuestión, no por su incuestionable aportación tecnológica sino porque en algunos ámbitos científicos se la considera el cuarto modelo de multiplexación y en otros, por el contrario, es clasificado como un método de acceso. Nos referimos al **acceso múltiple por división de código de tiempo (CDMA)**

Estudiemos cada uno de los modelos con cierto detalle.

6.1 Multiplexación por división de frecuencia (FDM)

Este procedimiento se aplica a las señales analógicas cuando el ancho de banda, medido en hertzios por tanto, de un enlace es mayor que la suma de los anchos de banda de las señales que se desean transmitir.

Las señales generadas individualmente por cada emisor son moduladas usando diferentes frecuencias portadoras, es decir, aplicando la técnica de modulación FSK. Como es norma en cualquier técnica multiplexora, estas señales moduladas por separado se unen en el MUX en una única señal, que se compone de todas ellas, y que será transmitida por el medio de telecomunicación pertinente a través de un enlace.

Cada frecuencia portadora de cada señal debe estar separada de las otras que componen el multiplex, por un ancho de banda suficiente como para que pueda ser integrada la señal modulada, es decir, cada uno de los canales a transmitir está separado de los demás mediante las correspondientes **bandas de guarda**, espectro de frecuencia no útil que blinda en los dos extremos del ancho de banda a la señal principal para protegerla de solapamientos e interferencias, sin olvidar que las frecuencias portadoras no deben de interferir con las frecuencias de datos originales.

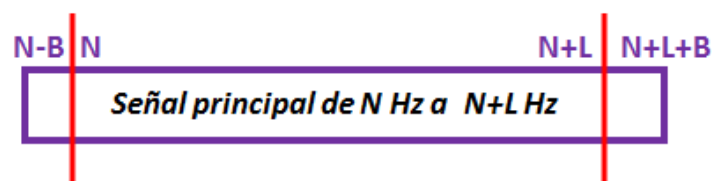


Fig.52 Señal principal y bandas de guarda

En la Fig. 52 vemos el concepto de bandas de guarda, frecuencias ($N-B$ Hz y $N+L+B$ Hz) que aíslan a la señal principal, cuyo ancho de banda se extiende de N Hz a $N+L$ Hz.

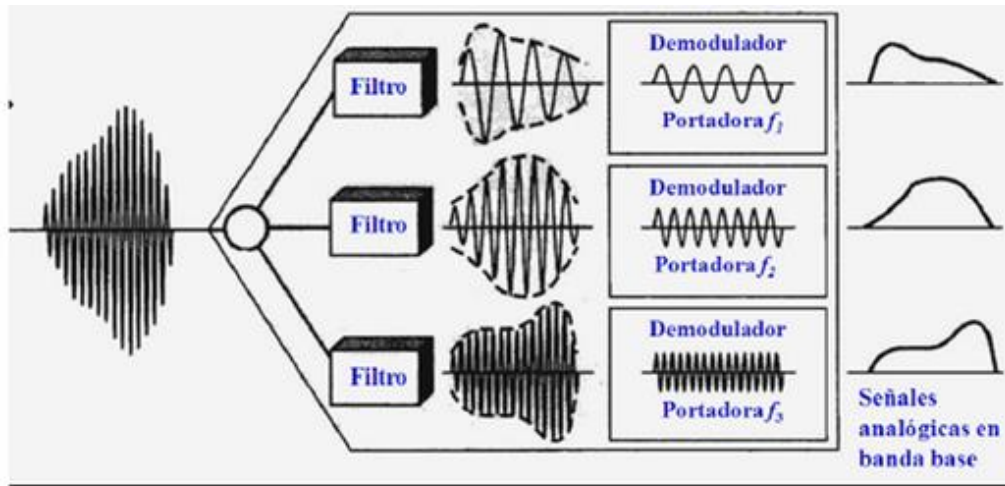


Fig. 53. Multiplexación por división de frecuencia.

Cada fuente que genere señales analógicas en banda base, previas a la modulación, lo hace en un rango de frecuencias muy similar, como podemos apreciar en la figura 54. Una vez que son procesadas en el multiplexor, cada una de ella se modula mediante portadoras con una frecuencia distinta cada una, tal que $f_1, f_2, f_3 \dots f_n$. Estas señales, una vez moduladas se multiplexan dando como resultado una única señal compuesta que se transmite por el enlace, el cual tiene la capacidad suficiente, en ancho de banda, para proceder a la transmisión.

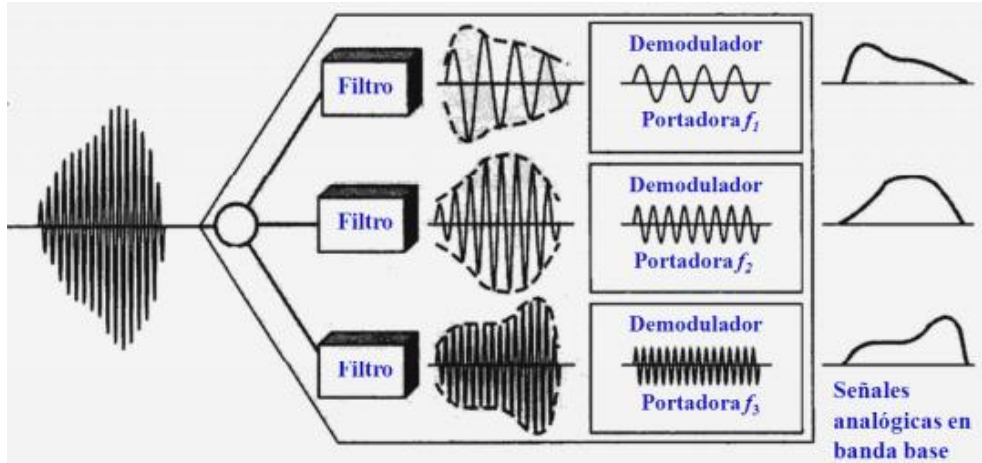


Fig. 54 Proceso de Demultiplexación por división de frecuencias.

Una vez que la señal compuesta alcanza el receptor-destino, se introduce en el demultiplexor (DEMUX) el cual utiliza una serie de filtros para descomponer la señal compuesta en las señales individuales que la conformaban. Una vez realizado el proceso de demultiplexación, cada señal pasa por un demodulador que procede a disociarlas de sus portadoras, entregando en la salida las señales originales que se generaron en el emisor.

Las señales digitales pueden ser perfectamente multiplexadas mediante esta técnica, a pesar de que fue originalmente concebida para su uso con señales

analógicas. Como sabemos, las señales digitales pueden convertirse en analógicas mediante el proceso digital-analógico y transmitidas gracias a la técnica de modulación. Una vez que se han convertido a señales analógicas, se procede a la aplicación de la técnica de multiplexación por división de frecuencia que acabamos de ver y son transmitidas como una sola señal. A la salida del demultiplexor, una vez separadas las señales analógicas sufren el proceso inverso, es decir, A/D y de demodulación analógico a digital, para ser recuperadas como señales digitales.

Por ejemplo, procedemos a aplicar la técnica por división de frecuencia a cuatro canales de voz, que, como sabemos ocupan 4 KHz, cada uno.

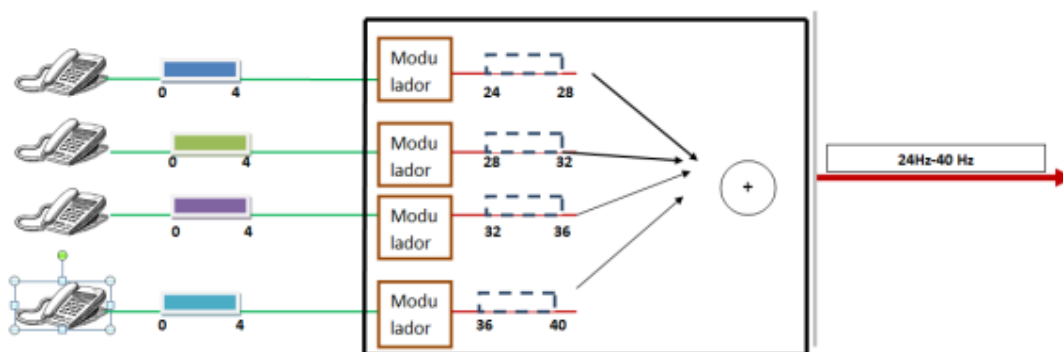


Fig.55 Cuatro canales de voz multiplexados

Cada canal de voz parte de los terminales con el mismo ancho de banda de 4 KHz, es decir desde 0 a 4 KHz, en banda base. Una vez en el multiplexor, cada uno de ellos se desplaza en frecuencia y se modula a un ancho de banda distinto. Así, por ejemplo, el primer canal se modula a un ancho de banda entre 20 y 24 KHz. El mismo proceso con los cuatro canales, antes combinarse los cuatro en el MUX, obteniendo una señal compuesta con un ancho de banda de 16 KHz que se transmite por el enlace. Nótese, que el enlace debe de tener, por consiguiente, un ancho de banda lo suficientemente grande como para albergar la combinación de los 4 canales de voz. El procedimiento de multiplexación se muestra gráficamente en la figura 55.

Una vez que la señal multiplexada alcanza el receptor, esta entra en el demultiplexor. Ahora cada canal recibe la señal completa, pero un filtro paso banda deja pasar a cada uno de ellos su frecuencia de trabajo específica, de tal manera que en el primero, por ejemplo, el filtro paso banda aplicado a la señal completa, entrega en la salida una señal modulada con un ancho de banda entre 20 y 24 KHz, descartando las demás. Así, con los cuatro canales.

A continuación, las señales moduladas en frecuencia y correspondientes a los cuatro canales pasan por el demodulador para entregar a la salida las cuatro señales con un ancho de banda de 4 KHz, entre 0 y 4 KHz, correspondiente al canal de voz.

El proceso se observa en la figura 56.

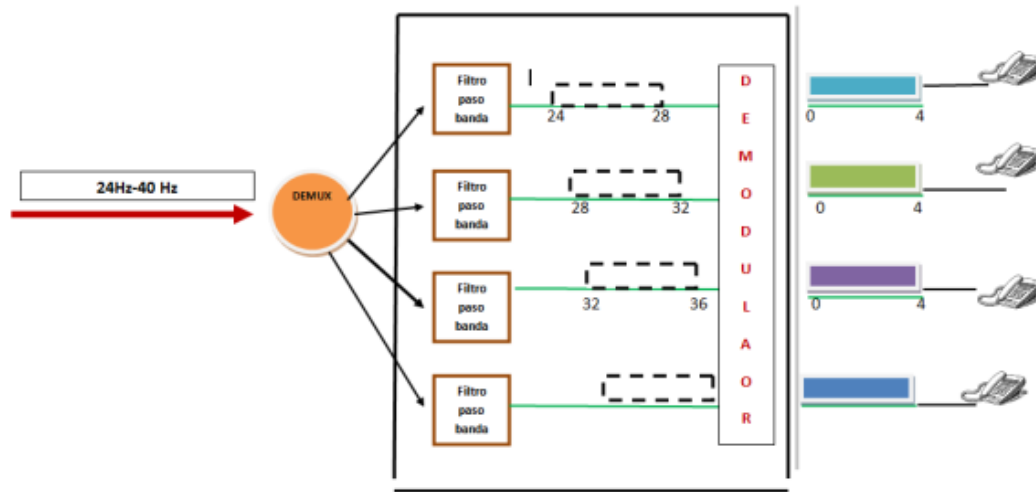


Fig. 56 Demultiplexación de los cuatro canales de voz.

El canal telefónico, o canal de voz, se denomina así porque en realidad, salvando algunas excepciones, transmite la voz humana y sus emociones. Por su parte, el oído humano no tiene una respuesta plana respecto a las distintas frecuencias audibles, característica que se hace aún más patente entre distintas personas diferenciadas por sexo y edad.

Con el objeto de definir de que manera la respuesta del oído afecta a las comunicaciones se concretó la respuesta del oído medio después de la realización de los test pertinentes. La voz humana se caracteriza por concentrar el 90% de la energía que emite al hablar en las frecuencias más bajas, lo que permite reconocer a quien habla y cuál es su estado emocional. Así se ha establecido una respuesta modelo que se denomina **psophométrica** capaz de combinar ambas características.

Caracterización del Canal Telefónico

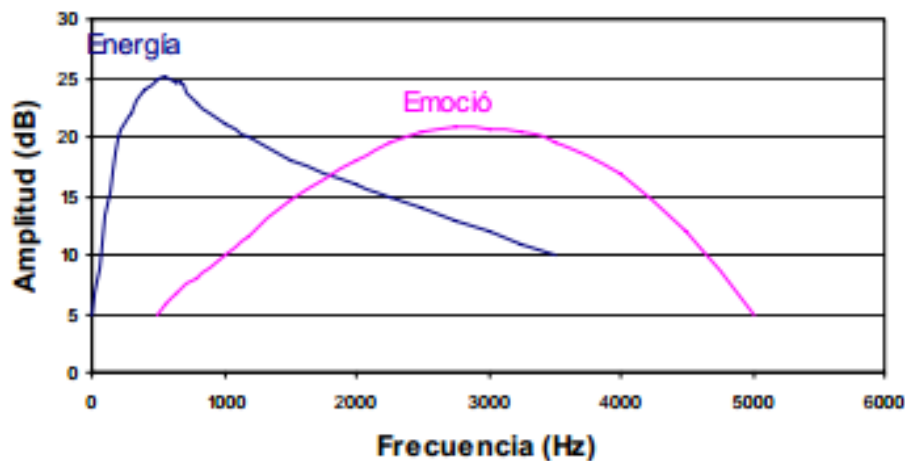


Fig. 57. Características del canal telefónico.

Como vemos en la figura 57, efectivamente la energía se concentra en las frecuencias inferiores a 1 KHz, en la zona de los graves. La curva de la energía emitida por la voz no llega a alcanzar los 4 KHz, de ahí que el ancho de banda utilizado en los canales de voz, como el del ejemplo anterior, estén en la franja de los 0 a 4 KHz. Por su parte, en la curva de la emoción o estado de ánimo, que se combina con la anterior, su punto álgido está en torno a los 3 KHz, observándose un crecimiento hasta alcanzar ese punto desde las frecuencias muy bajas, con una disminución paulatina a media que crece la frecuencia, y los agudos.

Como vemos, no tiene sentido alguno transmitir un canal de voz por encima de los 4 KHz. Es más, en la práctica, el ancho de banda transmitido está entre los 300 Hz y hasta los 3.400 Hz ó 3,4 KHz, con un ancho de banda de 3,1 KHz como se observa en la figura 58.

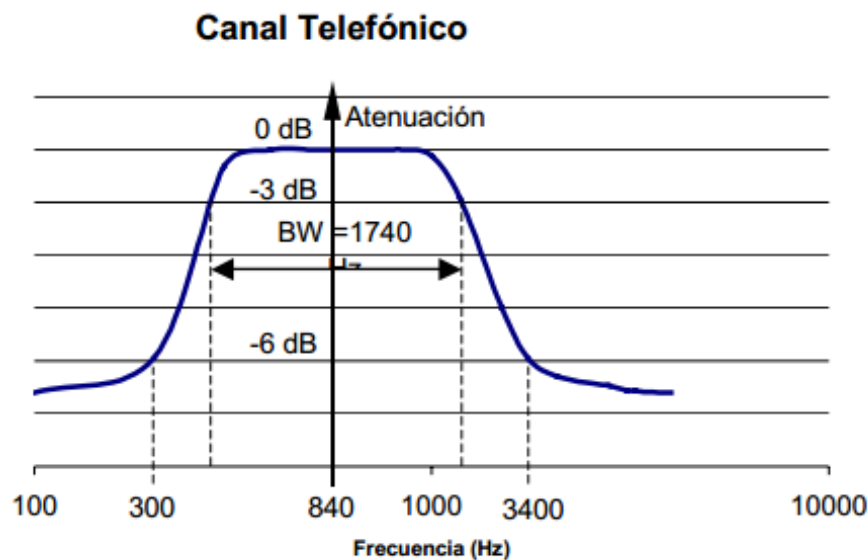


Fig. 58 Ancho de banda del canal de voz.

Por tanto, queda libre la banda de 0 a 300 Hz así como la que se extiende de 3,4 KHz a 4 KHz, actuando ambas como bandas de guardas del canal de voz.

El proceso modulación y demodulación debe de efectuarse tanto en la transmisión como en la recepción en el canal de voz, ya que la conexión es bidireccional. Dado que el usuario se comunica a través de una conexión a dos hilos, un hilo de cobre para la ida y otro para la vuelta, es necesario separar transmisión de recepción. Para alcanzar este objetivo se utiliza un circuito llamado **híbrido** que consiste en una serie de transformadores para producir un desfase 180° de una línea, en cada hilo, respecto a la otra.

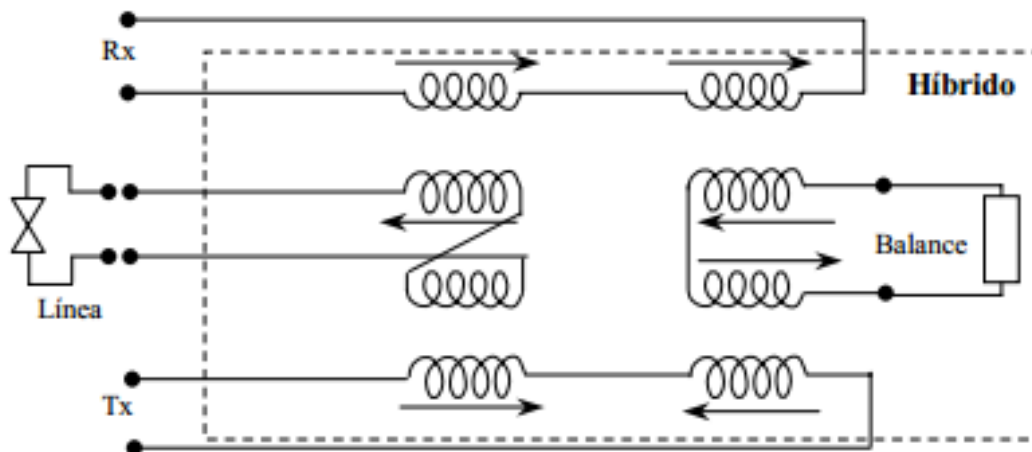


Fig. 58 Circuito híbrido para un canal de voz.

Estudiamos una técnica de gran importancia en telefonía como es la formación de un Grupo Básico con el objeto de aplicar multiplexación por división de frecuencia (GBP) . Esto nos ayudará entender las nuevas tecnologías aplicadas en transmisión de contenidos, aplicando bonding de canales, con tecnología IP sobre red telefónica móvil y que veremos en el apartado que se dedica a la evolución de las comunicaciones.

Para transmitir varios canales de voz mediante FDM es necesario formar varios grupos de canales. El más pequeño de estos grupos es el conocido como GBP, **Grupo Básico Primario**. Este sistema consiste en multiplexar 12 canales de voz mediante dos procedimientos:

- En la banda de 12 a 60 KHz
- En la banda de 60 a 108 KHz

El UIT-T, organismo regulador en telecomunicaciones, establece como GBP a la agrupación de 12 canales telefónicos, cada uno a continuación del otro, separados por frecuencias de 4 KHz que ocupan un total de ancho de banda de 48 KHz

Uno de los sistemas que se utilizan para formar este Grupo es el conocido como modulación directa. En este Grupo, se modula cada uno de los 12 canales con una portadora diferente, formando el GBP en la banda de 60 a 108 KHz

Como cada canal necesita de circuitos de modulación y filtrado independientes, es imprescindible mayor espacio y mantenimiento, aunque al ser una modulación única la relación señal/ruido (SNR) es muy favorable.

Cada canal se modula con portadoras que van de los 108 KHz, correspondiente al canal número 1 hasta los 60 KHz correspondiente al canal número 12, espaciadas 4 KHz entre sí.

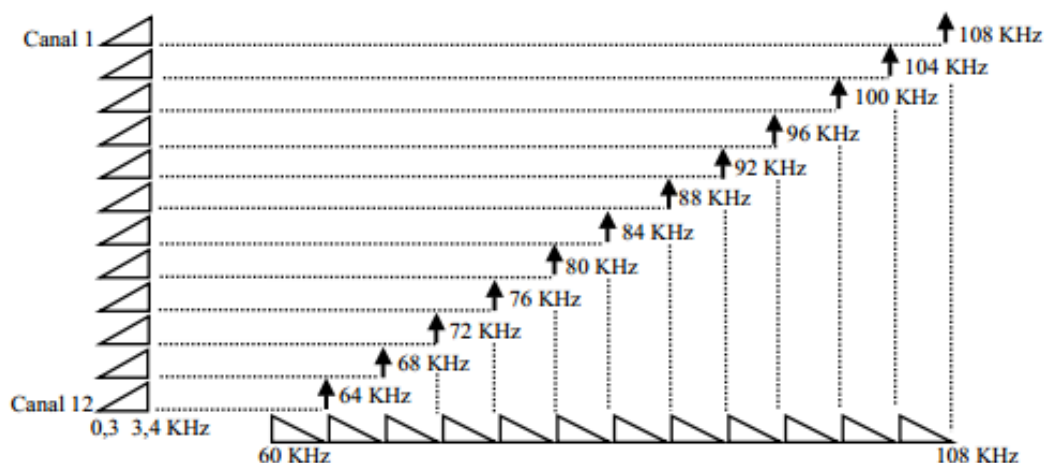


Fig. 59 Modulación directa de Grupo Básico Primario.

El paso siguiente consiste en agrupar 5 GBP ocupando un ancho de banda de 240 KHz, resultado de multiplicar por cinco el ancho de banda de cada canal que es de 48 KHz

Cuando los 5 GBP se agrupan en la banda de 312 a 552 KHz se le llama **Grupo Básico Secundario** (GBS) o también **Supergrupo** (SG)

Para formar un Supergrupo se modula cada GBP con portadoras distintas separadas entre sí 48 KHz

A partir de que aquí, las agrupaciones van formando jerarquías superiores. Los sistemas van aumentando su capacidad, multiplexando por división de frecuencia sucesivamente los Grupos de jerarquía inferior.

De esta forma, surge el **Grupo de Línea** que consiste en agrupar dos Supergrupo, constituyendo 120 canales, con una portadora de 612 KHz

El **Grupo Básico Terciario** (GBT) es una multiplexación FDM de 300 canales, surge al agrupar 5 GBS de 60 canales, separando las bandas 240 KHz El **Grupo Básico Cuaternario** (GBC) agrupa a su vez 3 GBT, conformando 900 canales de voz. Al agrupar 3 GBC, se forman 2700 canales, al agrupar, dos grupos de 2700 se forman uno de 5.400, que al agruparse en dos conforman 10.800 canales, etc.

Estos últimos, a partir del Grupo Básico Cuaternario, son considerados sistemas de alta capacidad, que son modulados en FM para ser transmitidos por radio o cable coaxial.

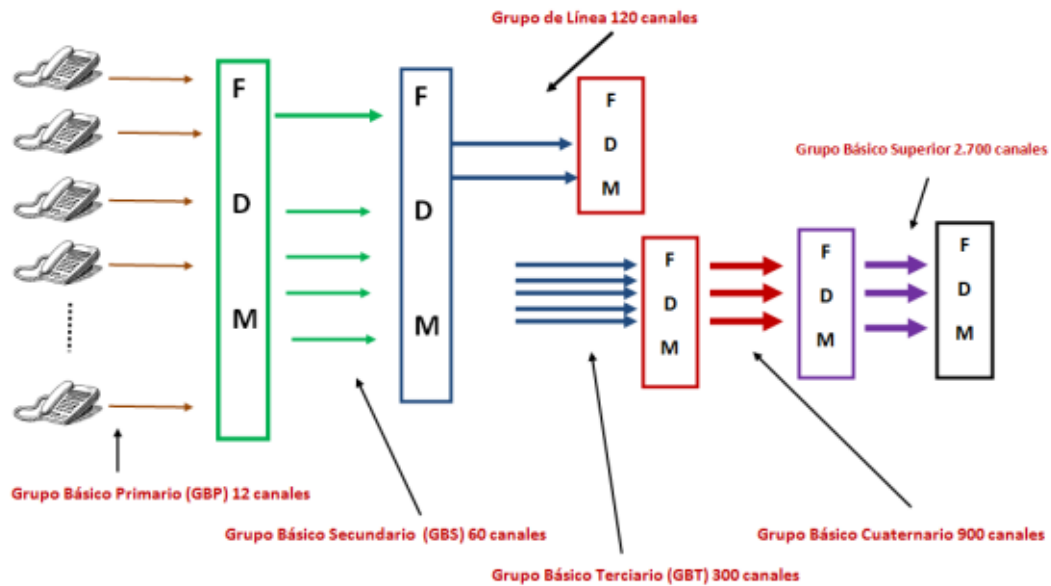


Fig. 60 Jerarquía aplicada a la multiplexación FDM de canales de voz.

Una aplicación interesante de la multiplexación por división de frecuencia que combina algunos de los conceptos estudiados hasta ahora, es el hecho de transmitir señales digitales sobre medios analógicos, que como sabemos, implican una modulación que convierta los datos (bits) en señales analógicas con un determinado ancho de banda (hertzios) Veamos el siguiente ejemplo.

Cuatro canales de datos digitales, cada uno a 1 Mbps quieren ser transmitidos por un canal de un transpondedor de un satélite de 1 MHz de ancho de banda. Obviamente, es necesario aplicar las técnicas de multiplexación y modulación.

Si consideramos que el canal del satélite tiene 1 MHz de ancho de banda, es posible subdividirlo a su vez en cuatro canales de 250 KHz cada uno, incluida una pequeña porción del espectro para las correspondientes bandas de guarda de canal. Por su parte, la modulación de datos digitales de cada canal a 1 Mbps puede modularse en 16-QAM de forma que 4 bits modulen a 1 Hz.

$$1 \text{ Mb} = 1.000.000 \text{ bits}$$

$$\text{Si cuatro } 4 \text{ bits modulan } 1 \text{ Hz} = 250.000 \text{ bits modulan } 250 \text{ KHz}$$

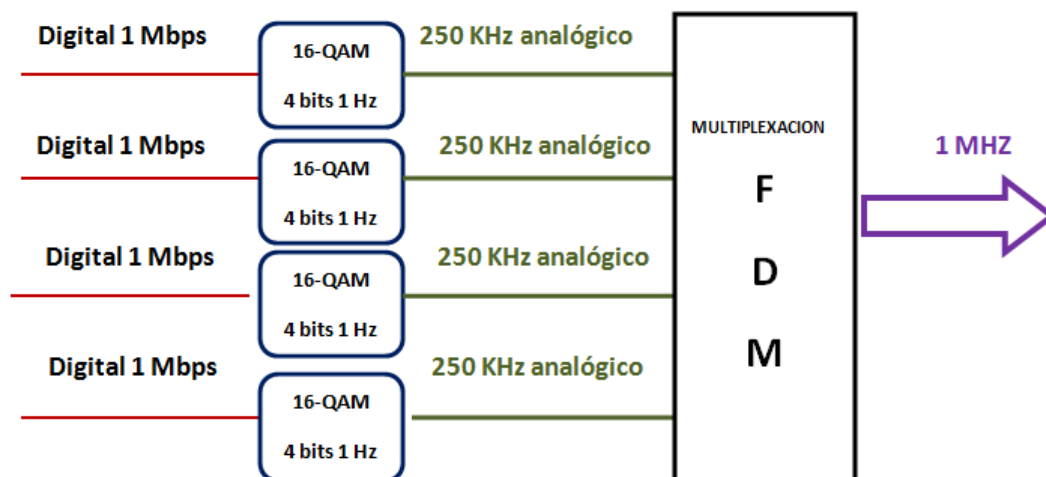


Fig. 61 Canales digitales multiplexados analógicamente en un transponder satelital de 1 MHz

Algunas aplicaciones de la multiplexación por división de frecuencia las encontramos cada día en nuestra vida cotidiana.

Por ejemplo, la radio AM u onda media. Como es de sobra conocido la radio se transmite por el aire. Una banda de frecuencias es fijada para la difusión de la onda media. Esta banda, se estipula entre 530 y 1700 KHz. Todos aquellos que escuchan la radio en AM saben que las emisoras están situadas en una frecuencia comprendida en esa franja. Por ejemplo, RNE emite en Madrid en 585 KHz, Radio Madrid en 810 KHz, o la cadena COPE en 999 KHz. Es decir, que todas las emisoras han de compartir el espectro de frecuencias de la banda asignada a la Onda Media. El ancho de banda que precisa cada estación emitiendo en AM es el doble de la frecuencia a modular, es decir, si la emisora emite voz y música, cuyo ancho de banda es de 5 KHz, necesita un ancho de banda para la portadora de 10 KHz. Cada emisora utiliza una frecuencia para la portadora diferente, lo que significa desplazamiento de la señal y multiplexación, como vimos en el ejemplo correspondiente a la figura 55, cuando estudiamos cuatro canales de voz multiplexados. Por tanto, la señal de radio que se transmite por el aire es la combinación de las señales de cada una de las emisoras. Los receptores de radio las reciben todas, y filtra, mediante la sintonización del dial de la emisora, aquella que desea escuchar. Si no fuese posible la multiplexación por división de frecuencia de todas las emisoras, el aparato de radio solo podría captar una, aquella que emitiese su señal.

Algo parecido ocurre en la emisión de radio en frecuencia modulada o FM, con la diferencia que el espectro de frecuencias estipulado para la emisión se establece entre 88 y 108 MHz. Obsérvese que la radio AM emite en KHz y la radio FM en MHz. En el caso de la frecuencia modulada, cada estación necesita un ancho de banda para la portadora de 200 KHz, separándose las emisoras entre sí 200 KHz para evitar interferencias. La radio FM emite en estéreo con un ancho de banda por canal de 15 KHz, y como la modulación en FM implica que la portadora necesita un ancho de banda 10 veces superior a la señal que modula. En este caso, se fija en algo más, 200 MHz, incluyendo las bandas de guarda. Incidiendo en el problema del solapamiento de emisoras o interferencias entre ellas, los organismos reguladores, exigen que en un área

determinada solamente se puedan asignar anchos de banda alternativos y no consecutivos, dejando de utilizar la mitad del espectro asignado. Es decir, en la banda entre los 88 y 108 MHz existen 100 anchos de banda potenciales de 200 KHz cada uno. La regularización a la que hacíamos referencia, establece que solo 50 podrán ser fijados, dejando sin uso los otros 50, exactamente los alternativos, quedando éstos como separación entre emisoras, como vemos en la figura 62.

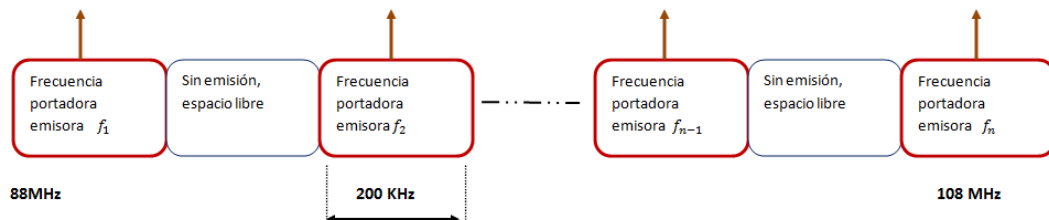


Fig. 62 Asignación de frecuencias en la banda FM

En televisión la situación es muy similar. En este caso, cada canal necesita un ancho de banda de 6 MHz, multiplexándose todos ellos por división de frecuencia, al igual que en la radio. La transmisión por aire, satélite o cable no influye en el filtrado de las señales mediante la sintonización del canal en el receptor de televisión.

En el caso de la telefonía móvil de primera generación, cada terminal tiene concedidos dos canales con un ancho de banda de 30 KHz cada uno. Un canal para enviar voz y el otro para recibirla. Como ya sabemos, el ancho de banda de la señal de voz es de 3 KHz, frecuencias comprendidas entre 300 y 3300 KHz la modulación en este caso es FM, razón por la cual el ancho de banda asignado a cada terminal es de 30 KHz por canal de voz, diez veces el ancho de banda de la señal que modula por canal de voz. Por tanto, cada usuario tiene asignado un ancho de banda de 60 KHz, desde la central telefónica, cada vez que realiza o recibe una llamada en su celular. La estación base de la operadora de telefonía asigna la frecuencia portadora y el ancho de banda de 60 KHz a cada usuario, cuando este procede a realizar la llamada. Cuando finaliza la conexión y cuelga, la estación asigna a otro usuario ese ancho de banda que ha quedado libre. No hay suficiente ancho de banda como para asignar a cada terminal un ancho de banda fijo e individual.

Esta es razón de la congestión telefónica que se produce en situaciones en las que se agrupa un número elevado de personas, y cada una de ellas tratando de conectar con su dispositivo móvil. El hecho de que no haya suficiente ancho de banda en la celda correspondiente a ese lugar concreto, y el hecho de que cada usuario no disponga de un ancho de banda asignado permanentemente, da como resultado que muchos de los usuarios que quieran conectar en ese momento, y en ese lugar, no puedan hacerlo, mientras otros, los primeros en acceder a la central, si les sea posible.

Este hecho, como veremos más adelante, es un grave inconveniente para el modelo de transmisión basado en bonding.

6.2 Multiplexación por división de longitud de onda (WDM)

Este sistema fue concebido con el objeto de ser implementado en las transmisiones de datos por fibra óptica.

La velocidad de transmisión de datos mediante fibra óptica es muy superior que la correspondiente a transmisión a través de cables coaxiales o aire.

La utilización de un solo circuito de fibra óptica para la transmisión de una única línea de datos consume todo el ancho de banda disponible, por lo que la aplicación de la multiplexación posibilita la transmisión de datos procedentes de varias líneas en una sola, cobrando enorme importancia en el mundo de la telecomunicación

La característica principal de la multiplexación por división de longitud de onda es que se emplean señales luminosas tanto en el momento de la multiplexación como en el de la demultiplexación. Estas señales luminosas son transmitidas a través de la fibra óptica. En el capítulo correspondiente a transmisiones estudiaremos con detalle las principales propiedades de las comunicaciones a través de fibra óptica.

El concepto principal es la misma que se planteó en la multiplexación FDM. Varias señales se compaginan sobre frecuencias diferentes para transmitir sobre un medio físico. La diferencia entre multiplexación FDM y WDM es que en esta última las frecuencias de trabajo son muy elevadas. Haces de luz muy estrechos procedentes de distintas fuentes se combinan para conseguir un único haz de luz de mayor anchura de salida del multiplexor, para realizar la operación inversa en el proceso de demultiplexación. No olvidemos la estrecha relación existente entre frecuencia y longitud de onda, conceptos inversamente proporcionales entre sí.

El proceso WDM consiste en la transmisión por una misma fibra óptica de varias señales, cada una de ellas en una longitud de onda diferente, dentro de la banda espectral que abarca los 1300 nm (nanómetros) hasta los 1600 nm, y con todas las señales con el mismo bitrate o tasa de datos, en el caso de que todo el proceso sea digital. No se han de producir interferencias entre las líneas multiplexadas ya que la técnica asegura bandas de guarda lo suficientemente separadas para evitar el problema. El objetivo consiste en optimizar la capacidad del enlace, transmitiendo un número mayor de canales por él.

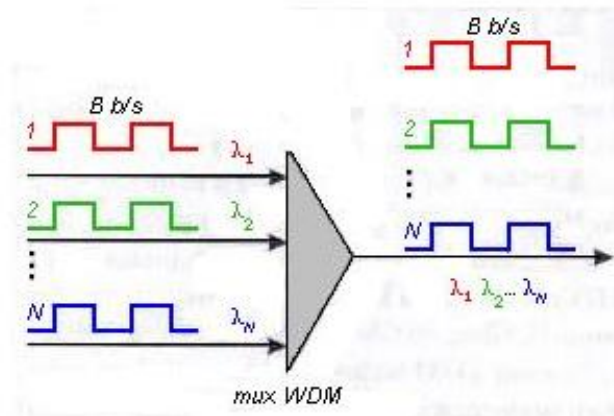


Fig. 63. Multiplexación por división de longitud de onda.

Los componentes fundamentales que intervienen en el sistema son:

6.2.1 Transmisores.

Están constituidos por láser monomodo con *modulación externa* en lugar de interna, para aumentar el ancho de banda y para reducir la variación temporal de la frecuencia de la luz y sus componentes lumínicos, es decir, a la alteración en el espacio y tiempo de las frecuencias correspondientes al espectro visible, del azul al rojo que se pueden inducir en un pulso, concepto conocido como *chirp*.

A diferencia de lo que ocurre en el funcionamiento usual de un láser, donde se tiene una onda continua de luz casi monocromática, los láseres de pulsos ultracortos generan una secuencia de pulsos con un ancho de banda asociado con una longitud de onda de algunos nanómetros. Esto significa un ancho de banda enorme, teniendo en cuenta que estamos tratando con frecuencias ópticas. Por ejemplo, para un ancho de banda $\Delta\lambda$ de 2 nm centrado a $\lambda_c = 400$ nm (luz azul) estaríamos hablando de 3.75 THz (1 Terahercio = 10^{12} Hz). Si además suponemos que la frecuencia de repetición de los pulsos es de 100 MHz (10^8 pulsos por segundo) y que la duración de cada uno de ellos es de tan solo 100 fs (1 femtosegundo = 10^{-15} segundos), entonces la potencia pico de cada pulso será del orden de cien mil veces la potencia media a la salida del láser. En tal caso, para una potencia media típica de 1 W tendremos pulsos cuya potencia pico se moverá alrededor de 10^5 W. Algo difícilmente sostenible.

6.2.2 Multiplexor y demultiplexor WDM

Dispositivo donde se combinan las señales procedentes de cada canal. En la recepción, el demultiplexor WDM los canales son separados y conducidos a sus respectivos receptores.

6.2.3 EFDA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*)

Amplificadores ópticos que usan fibra óptica dopada con Erblio. Estos amplificadores se colocan a lo largo del trazado de la fibra, necesitando un bombeo externo con un láser de onda continua, trabajando a una frecuencia superior a la que amplifican. Generalmente las longitudes de onda de bombeo son 980 nm e incluso 1480 nm, realizándose en el mismo sentido en el que viaja la señal para evitar generación de ruido. Ofrecen su mayor rendimiento cuando trabajan con señales cuyas portadoras están moduladas en la tercera ventana, en las bandas L, C y S (no confundir con la misma nomenclatura de bandas de frecuencia usada en la transmisión microondas y satélite)

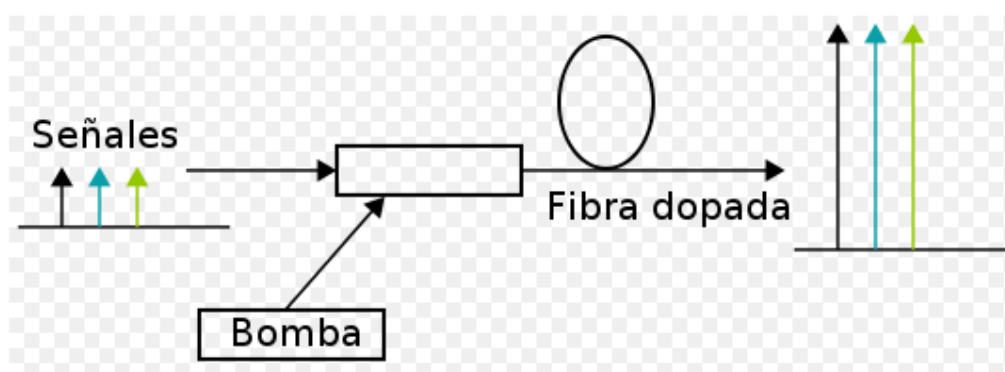


Fig.64 Amplificador EFDA

6.2.4 ODMA (Optical Add-Drop Multiplexer)

A lo largo del trayecto de la fibra, se instalan estos dispositivos ODMA, que son multiplexadores - demultiplexadores ópticos que permiten extraer o introducir canales adicionales a la fibra, algo altamente interesante en la producción y transmisión de contenidos en televisión. El hecho de extraer canales posibilita la recepción e contenidos propios, y el hecho de sumar canales permite unirse a la transmisión desde puntos remotos con la intención de alcanzar el MCR del Broadcaster.

El proceso completo se muestra en la figura 65.

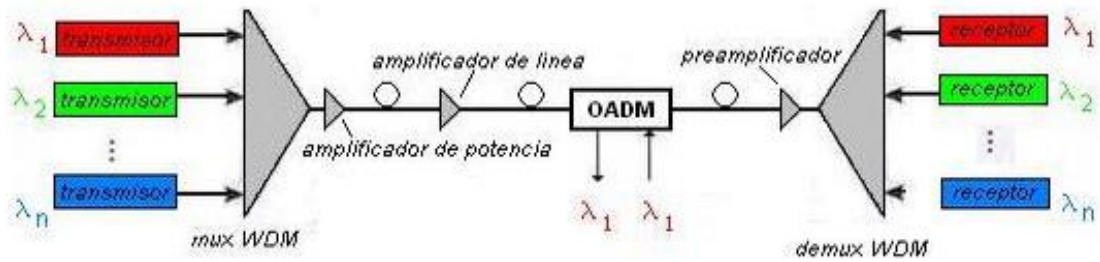


Fig.65 Proceso de multiplexación y demultiplexación WDM

6.2.5 Categorías

La técnica de multiplexación WDM tiene a su vez, dos categorías:

- **SWDM** (*Standard Wavelength Division Multiplexer*) En este sistema las longitudes de onda de las portadoras se encuentran distanciadas entre sí con suficiente espaciosidad, como por ejemplo, trabajando con una portadora a 1550 nm y la contigua a 1310 nm.
- **DWDM** (*Dense Wavelength Division Multiplexer*) En este caso, la separación entre las longitudes de onda de los canales es muy pequeño, proporcionando una gran *densidad* de señales, rentabilizando al máximo la conexión a través de la fibra.

Es importante apuntar que el término DWDM proviene de una recomendación de la UIT-T, y que cuando no se especifica con cuál de las dos categorías se está operando, apareciendo solo el término WDM, en realidad se está trabajando con DWDM.

El espectro de longitudes de onda recomendado por la UIT-T para la disposición de canales se sitúa en la tercera ventana, en las bandas L, C y S, que son las bandas con menor pérdida por atenuación del espectro y, como vimos, porque los amplificadores EFDA optimizan su aportación al proceso cuando operan en esta ventana de longitudes de onda.

En la siguiente figura se muestra el ancho de banda de las bandas de transmisión, así como la atenuación generada en una fibra monomodo.

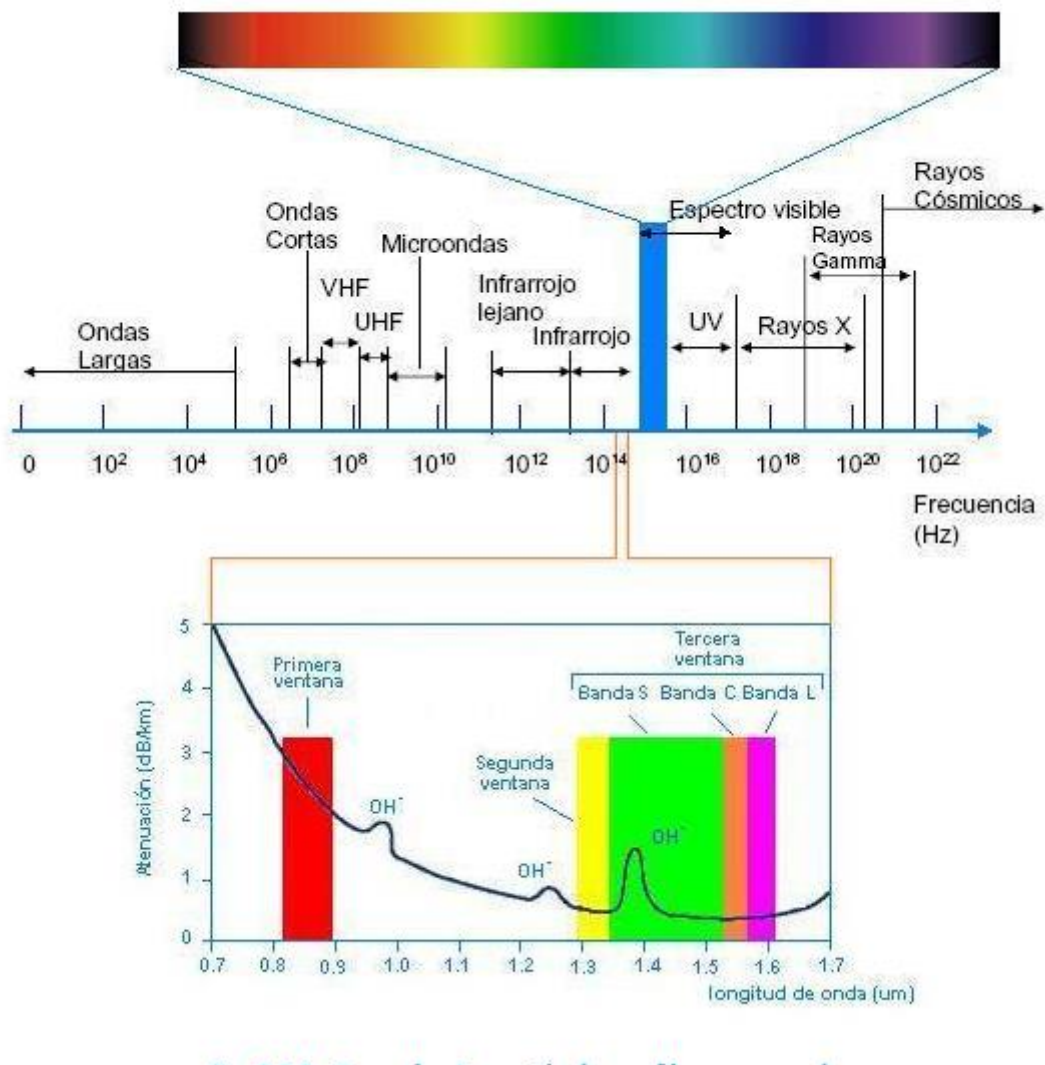


Figura 66. Primera, segunda y tercera ventana, así como la ubicación de las bandas L, C y S.

La primera ventana se sitúa en 0,85 nm, la segunda en 1,300 nm la tercera en 1,550 nm.

La tercera ventana contiene a las bandas L, C y S. La banda S se posiciona entre 1,350 nm y 1,530 nm, la banda C en torno a los 1,550 y las banda L en 1,600 nm. La banda C por su parte tiene sub-bandas como, por ejemplo, la *banda azul* (1527-1542 nm) o la *banda roja* (1547-1561 nm)

En cuanto a la atenuación de la señal, se hace más patente a medida que disminuye la longitud de onda. En la primera ventana, está alrededor de 2,5 dB/Km, en la segunda desciende a 0,4 dB/Km y en la tercera ventana es de 0,2 dB/Km, razón por la cual los canales se distribuyen para la transmisión y multiplexación en esta tercera ventana.. La figura 66, muestra la curva de atenuación en relación a las tres ventanas de trabajo.

El espectro de longitud de onda fijado por la UIT-T en la tercera ventana está especificado en frecuencia, magnitud que, como sabemos, tiene una razón

inversamente proporcional con la longitud de onda. Recordemos que la relación se basa en la siguiente ecuación:

$$Frecuencia\ (THz) = \frac{299792\ km/sg}{\lambda\ (long.\ onda)}$$

siendo la magnitud 299792 km/sg la velocidad de la luz en el vidrio.

La frecuencia de referencia es 193.1 THz, correspondiente a 1552,524 nm en la banda C. Las otras frecuencias se sitúan, contiguas a ésta y entre ellas mismas correlativamente, mediante una banda de guarda de 100 ó 50 GHz, que corresponde a longitudes de onda de 0.8 y 0.4 nm respectivamente, aunque la industria ya ha desarrollado bandas de guarda de 25 GHz, lo que permite mayor densidad y, por consiguiente, mayor número de canales.

Por ejemplo, vemos en la tabla siguiente, el espaciado de canales en la recomendación de la UIT-T para una banda de guarda de 100 GHz

| Código de canal | Longitud de onda (µm) | Frecuencia (THz) |
|-----------------|-----------------------|------------------|
| 29 | 1554.13 | 193.2 |
| 30 | 1553.33 | 193.1 |
| 31 | 1552.53 | 193.0 |
| 32 | 1551.72 | 192.9 |
| 33 | 1550.92 | 192.8 |

Fig. 67 Espaciado de canales para bandas de guarda de 100 GHz

DWDM no se trata solamente de una técnica que permite ampliar la capacidad de la red de fibra óptica mediante un significativo aumento en la densidad de canales presentes en el proceso de transmisión, sino que, además, está valorada como una tecnología de confianza en el *backbone* de las redes multi-servicios y redes de acceso móvil, que hace posible el incesante crecimiento del sector de las telecomunicaciones. Entendemos como *backbone* como la red física (fibras ópticas entre otro tipo de conexiones) y troncal de Internet que interconecta redes de ámbito local con otras nacionales, continentales y globales a través de continentes y océanos del mundo. Es decir, el *cableado* que interconexiona la sociedad global de hoy en día.

6.2.6 Ventajas

Son muchas las ventajas de la multiplexación por división de longitud de onda, como por ejemplo:

- Además de la multiplexación por tiempo y por frecuencia, esta técnica introduce una nueva variable como es la longitud de onda de cara a llevar a cabo procesos de multiplexación con esta magnitud óptica en las redes de comunicación modernas.
- Mejora de la capacidad de conexión de fibra óptica entre dos puntos, debido a la posibilidad de transmitir varias señales multiplexadas en una sola. Un aspecto de enorme importancia en la sociedad de la información de hoy en día, donde surgen nuevas ventanas de visionado de contenidos, basadas en streaming.
- Permite el transporte de cualquier modalidad de transmisión de datos en cada canal óptico. De esta manera, es factible utilizar varias longitudes de onda para enviar información síncrona o asíncrona por diferentes canales, siendo la transmisión en unos en modo digital y en otros en forma analógica, y todo ello a través de la misma fibra.

Es importante recordar que antes de la implantación de la tecnología de multiplexación por división de longitud de onda, SWDM, para establecer un canal bidireccional entre dos puntos era imprescindible establecer dos circuitos de fibra óptica, uno en un sentido y el otro en el contrario, constituyendo un circuito full-dúplex.

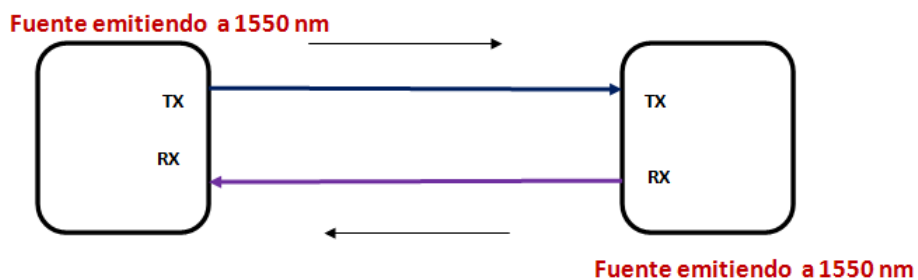


Fig. 68 Circuito full-dúplex constituido antes de la implantación SWDM

Con la llegada de la tecnología WDM el número de canales que se pueden multiplexar a través de una fibra óptica es muy elevado. Sin embargo, no solo es importante la capacidad de transmisión que conseguimos con este sistema, sino además hay que considerar como una importante ventaja, el hecho de que cada canal puede alcanzar una velocidad de transmisión muy elevada, con la ventaja de la escalabilidad asociada al proceso. El hecho de dimensionar el tamaño del servicio en función de la demanda, sin necesidad de una implementación compleja y costosa es otra característica determinante en esta tecnología. Así un

sistema de fibra óptica, gestionado por un determinado operador y cuya estrategia de mercado sea una gradual implementación de servicios de fibra, puede comenzar con una velocidad de transmisión de 100 Mbps por canal hasta alcanzar velocidades de más de 40 Gbps, cuando la demanda de servicios lo requiera.

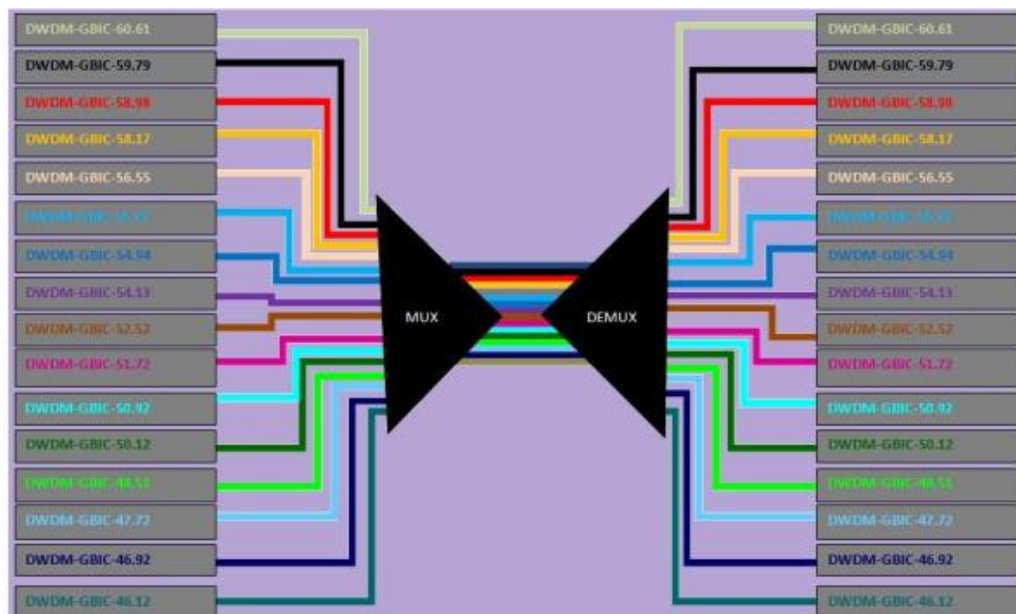


Fig. 69 Multiplexación DWDM escalable con elevada tasa de transmisión de datos.

La flexibilidad y capacidad que ofrece la tecnología DWDM la hace especialmente recomendable para dar respuesta a las necesidades de crecimiento de la red de transmisión de datos, cuyo objetivo es la generación e introducción de nuevos servicios. Su fácil acomodación e importante capacidad hacen factible la integración con otras redes diferentes, incrementando exponencialmente el número de usuarios.

6.2.7 Sistemas DUSAC

El sistema DUSAC es un desarrollo práctico de los conceptos expuestos anteriormente.

DUSAC 32 es un multiplexor que puede incrementar 64 veces la capacidad de una red de fibra óptica. Este equipo está orientado para todas aquellas empresas que necesiten importantes anchos de banda en Internet para sus operaciones, tales como operadores, entidades financieras, canales de TV, centros de procesos o Administración Pública.

DUSAC 32 es capaz de transmitir 64 longitudes de onda diferentes a través de una sola fibra, lo que le permite aumentar 64 veces la capacidad de la misma para transmitir información. Debido a la calidad de sus láseres y su baja dispersión cromática, el producto permite el transporte de información a muy alta velocidad, desde 10 Mbps hasta 1,25 Gbps

Si un enlace de fibra óptica es capaz de establecer unos 32.000 canales de voz, ahora a través de la tecnología DUSAC de 32 portadoras, este número puede llegar a más de dos millones de canales. Otra de las características fundamentales del equipo es su transparencia, la capacidad de comunicar entornos diferentes independientemente del tipo de protocolo utilizado, como por ejemplo, FDDI, Fibre Channel, Gigabit Ethernet, ATM o JDS, lo que lo hace especialmente adecuado, para las comunicaciones metropolitanas.

La capacidad global del sistema (con sus 32 canales bidireccionales o 64 unidireccionales a través de una fibra óptica con enlaces individuales de hasta 1,25 Gbps) es de 80 Gbps de ancho de banda por una fibra, lo que representa un importantísima capacidad en enlaces convencionales.

En la conexión de usuario, DUSAC 32 dispone de una gran variedad de interfaces, operando en ventanas de transmisión óptica de 1.310, 1.550 y 850 nanómetros, lo que lo convierte en compatible con cualquier tipo de canal del usuario. Esta gama de interfaces abarca los más habituales, de manera que con tan solo una de estas soluciones se cubre simultáneamente las diferentes necesidades de cada entorno.

Este producto está pensado para funcionar en centros desatendidos que operan 24 horas al día los 365 días del año, motivo por el cual está dotado de una electrónica de gran redundancia y estabilidad, de manera que consigue un elevado ratio de disponibilidad/error. Por otra parte, DUSAC 32 permite la extracción e inserción de elementos en caliente, lo que posibilita actuar sobre cualquier canal de forma independiente.

7. Multiplexación síncrona por división del tiempo (TDM)

Se trata de un procedimiento de multiplexación digital que posibilita a varios dispositivos compartir el ancho de banda de un medio de transmisión determinado.

La tecnología aplicada a la multiplexación por división del tiempo se diferencia de la correspondiente a la multiplexación por división de frecuencia FDM, en que en TDM en lugar de compartir el ancho de banda, como ocurre en la división de frecuencia, se comparte el tiempo de activación del enlace, es decir, que cada canal ocupa la totalidad del medio de transmisión durante un tiempo establecido previamente.

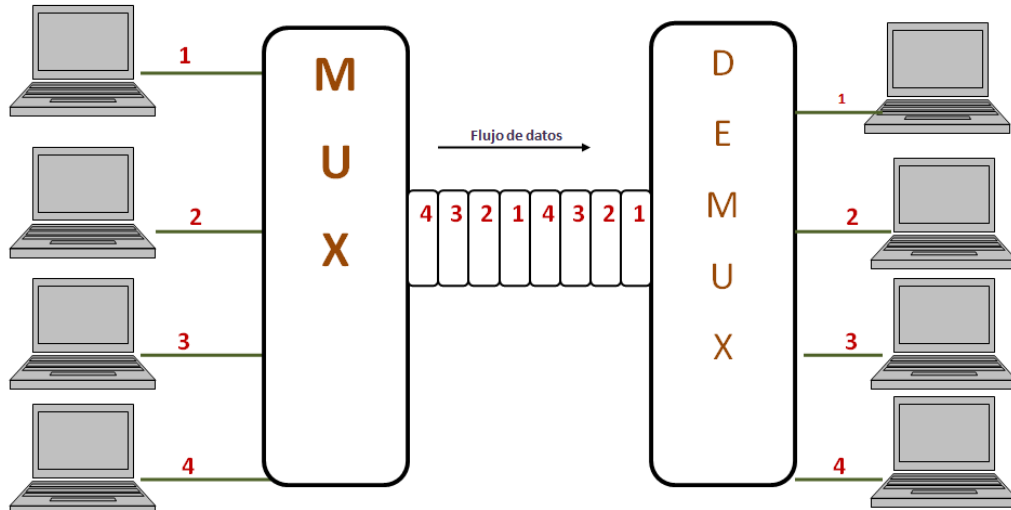


Fig.70 Multiplexación por división del tiempo TDM

En la figura 70 podemos observar el proceso. Los terminales 1,2, 3, 4, envían parte de su mensaje ocupando sucesivamente la totalidad del enlace y no compartiendo su ancho de banda como ocurre en la multiplexación por frecuencia. Los datos correspondientes a cada uno de los mensajes de cada uno de los terminales se encaminan a un destino concreto, como pueden ser los dispositivos receptores situados al otro lado de la conexión.

La multiplexación por división del tiempo, TDM, establece dos categorías de procesamiento. TDM síncrona y TDM estadística.

7.1. TDM Síncrona

En este sistema, el flujo de datos proveniente de cada terminal se subdivide en unidades de datos. Dichas unidades, pueden constituir una trama compuesta desde un único bit, hasta un extenso bloque de datos, con variaciones intermedias como una palabra o carácter digital. En todo caso, cada unidad en la entrada del multiplexor se convierte en una unidad de salida del multiplexor, ocupando una ranura de tiempo determinado. Hay que considerar que la duración de una ranura de tiempo en la salida del multiplexor es más corta que dicha ranura en la entrada del multiplexor.

Así, si una ranura ocupa un tiempo definido como $(T)_{sg}$ en la entrada al multiplexor, su valor a la salida será de $(T/n)_{sg}$ donde n representa el número de terminales conexas al multiplexor.

Es decir, la duración de la ranura de tiempo a la salida del multiplexor es n veces más corta que a la entrada, en otras palabras la velocidad de transmisión es más elevada.

Veamos un ejemplo en la figura 71, con 4 terminales conexionando al multiplexor, es decir, con un valor de $n = 4$

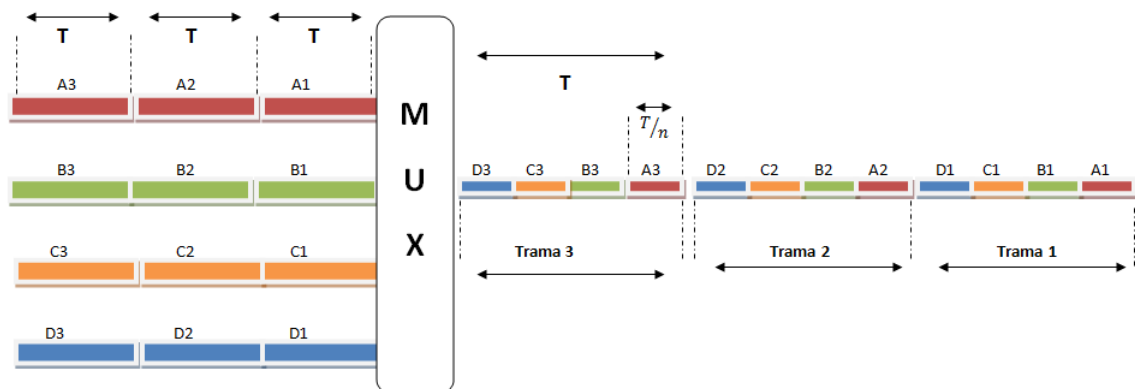


Fig. 71 Multiplexación síncrona TDM

En la multiplexación síncrona TDM se crean tramas a la salida del multiplexor, compuestas por unidades de datos procedentes de los distintos dispositivos. Si contamos con n terminales conectados al multiplexor, cada trama tiene una combinación de las unidades de datos procedente de cada dispositivo. A cada unidad se le asigna una ranura de tiempo, una para cada línea de entrada al MUX (D3, B3, C3, A3, etc.) Si T es la duración de cada unidad de datos a la entrada, T es también la duración de cada trama a la salida, y la duración de cada ranura de tiempo es T/n dentro de cada ranura. Es decir, si el tiempo que la unidad de datos B3, por ejemplo, tenía a la entrada del multiplexor y que era de un valor de T , se ha convertido a la salida del MUX en la unidad de datos B3, incluida en la trama 1, pero ahora con una duración de T/n como podemos observar en la figura 71.

La tasa de datos de la salida del MUX al enlace, debe de ser n veces la tasa de datos de una conexión, para poder garantizar el flujo de datos. Como vemos en la figura 71, la tasa de datos del enlace, de la trama, es 4 veces la tasa de datos de cada terminal conectado al MUX, ya que en el mismo tiempo T cada trama lleva la tasa de datos del terminal D, del B, del C y del A (D4, C4, B4, A4)

La duración de cada unidad de tiempo a la entrada del MUX, en el ejemplo, es 4 veces la duración de cada ranura de tiempo de la que se compone cada trama ($T/4$).

Las ranuras de tiempo de cada terminal se agrupan en las tramas, siendo la composición de cada una de ellas un ciclo completo de ranuras de tiempo de cada uno de los dispositivos conectados al MUX. En una configuración con n líneas de entrada, cada trama está compuesta por n ranuras de tiempo, con cada ranura determinada a transportar datos de una línea de entrada concreta al MUX.

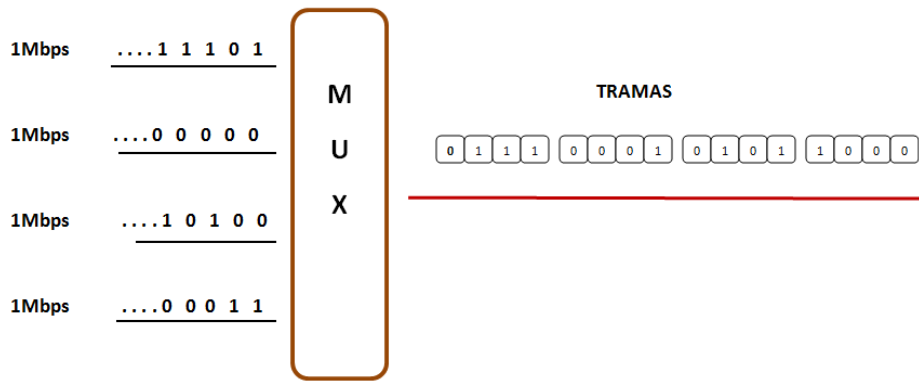


Fig. 72 Ejemplo de multiplexación síncrona TDM

En el ejemplo de la figura 72, cuatro fuentes envían un flujo de datos al multiplexador a un *bitrate* o tasa de transferencia de datos de 1 Mbps. La unidad de datos en este caso es de 1 bit, como podemos observar en el esquema. Por tanto, la duración de 1 bit será el inverso de la tasa de transferencia

Duración de 1 bit de entrada =

$$1/1 \text{ Mbps} = 1/1.000.000 = 0,00001 \text{ segundo} = 1 \mu\text{s}$$

La duración del bit de salida del MUX es, como sabemos, T/n siendo n el número de líneas de entrada al MUX, por tanto

$$\text{Duración bit de salida} = 1/4 \mu\text{s}$$

La tasa de transferencia de bits de salida, o *bitrate*, es la inversa de la duración del bit de salida

$$\text{Tasa de transferencia de bits de salida} = \frac{1}{1/4} = 4 \text{ Mbps}$$

Este dato también se habría obtenido del hecho de que la tasa de transferencia de bits de salida es 4 veces mayor que la tasa de transferencia de bits de entrada, al ser cuatro las líneas que entran al multiplexador.

Es decir

$$4 \times 1 \text{ Mbps} = 4 \text{ Mbps}$$

En cuanto a la tasa de transferencia de tramas de salida, es idéntica a la tasa de transferencia de entrada. En este caso,

$$\text{Tasa de tramas} = 1.000.000 \text{ tramas por segundo}$$

Ya que cada trama está compuesta por 4 bits cuya duración de cada uno de ellos es $\frac{1}{4} \mu s$, lo que da un tiempo de trama de $1 \mu s$, que es la duración del bit a la entrada del MUX.

Llamamos **entrelazado** al proceso que se ejecuta en el multiplexador, consistente en ir recogiendo las unidades de datos de cada línea de conexión, acción que es paralela y complementaria a la que se produce en el demultiplexor, en el extremo opuesto del enlace, que consiste en ir entregándolas a sus destinatarios. En realidad, el proceso se asemeja al que se produciría si en ambos extremos existiesen dos conmutadores de rápida rotación, sincronizados entre sí, que giran a la misma velocidad, aunque en direcciones opuestas.

En el lado del MUX cuando el conmutador se abre ante una línea ésta tiene la posibilidad de enviar una unidad de datos a la trama. En el extremo opuesto, en el demultiplexador, cuando el conmutador se abre ante una línea, el dispositivo entrega una unidad de datos, en el caso de que la línea esté esperando esa entrega.

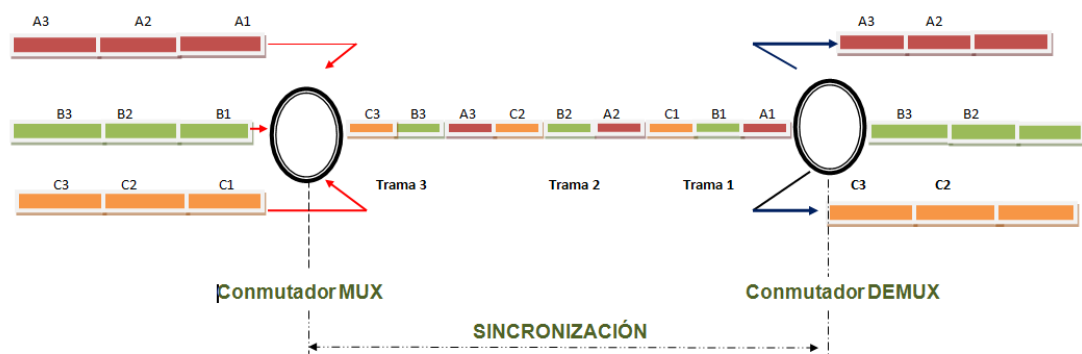


Fig. 73 Proceso de entrelazado en TDM síncrona

En la multiplexación síncrona TDM cabe la posibilidad de que la trama de salida no se complete ya que alguna línea de entrada al multiplexador no tenga unidades de datos que entregar al MUX. Este hecho hace al sistema de multiplexación síncrono TDM menos productivo que al proceso de multiplexación estadístico, que estudiaremos más adelante, y en el cual las tramas con ranuras de tiempo vacías son eliminadas.

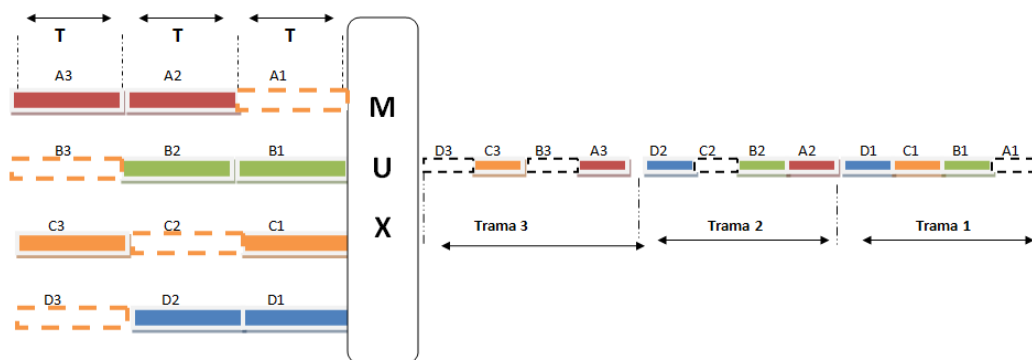


Fig. 74 Ranuras de tiempo vacías en tramas de multiplexación síncrona TDM.

Cada una de las líneas de conexión puede ofrecer una tasa de transferencia similar entre sí, como hemos visto hasta el momento, o, por el contrario, tener *bitrate* diferentes. En este caso, se aplican tres modelos de procesos distintos, denominados *multiplexación multinivel*, *asignación de múltiples ranuras* e *inserción de pulsos*.

El primero de los procesos, multiplexación multinivel, consiste en un procedimiento que se aplica cuando las líneas de conexión al multiplexador tienen tasas de transferencia distintas, y más en concreto, cuando los *bitrate* son múltiplos unos de otros. Entonces, en este caso, se aplica una multiplexación por grupos, anterior a la multiplexación general, asociando las líneas que tengan una tasa idéntica, de tal forma que la multiplexación de ese grupo tenga una salida con un *bitrate* idéntico al de las otras líneas, motivo por el cual las tasas son múltiplo entre sí.

Vemos un ejemplo, detallado en la figura 75.

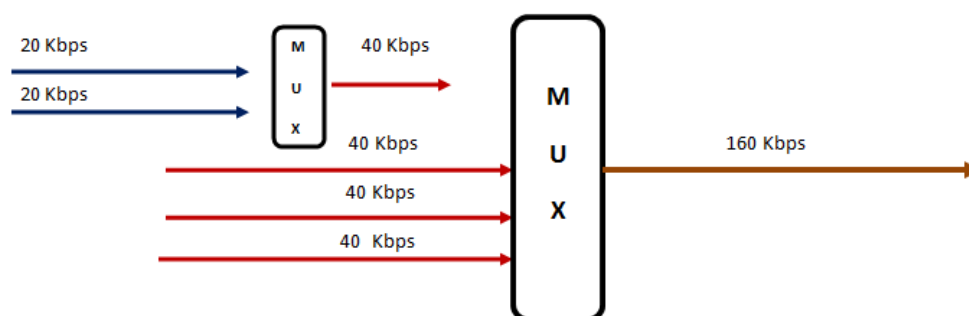


Fig. 75 Multiplexación multinivel en TDM síncrona.

En la figura 76, observamos un caso práctico de multiplexación multinivel. Las líneas A y B tienen una tasa de transferencia de 50 Mbps, mientras la línea C se

encuentra con un bitrate de 100 Mbps. Al aplicar la técnica, las líneas A y B proceden a una multiplexación hasta obtener a la salida del MUX un enlace de datos a 100 Mbps, similar al bitrate de línea C. Las tramas se forman con 4 bits de la línea C, dos de la línea B y dos de la línea A.

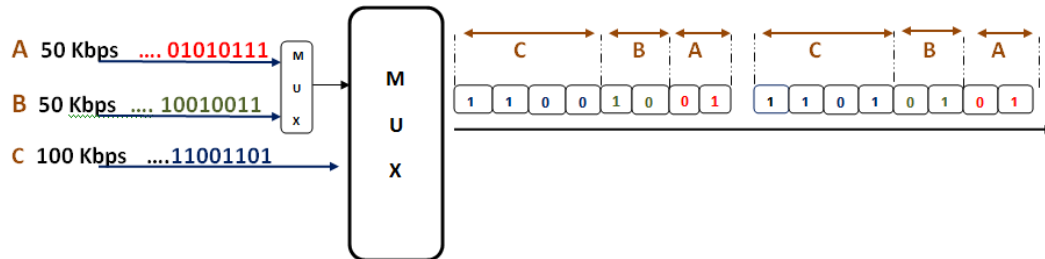


Fig. 76 Multiplexación multinivel con 3 líneas de bitrate múltiplo entre sí.

La técnica de *asignación de múltiples ranuras* es un caso particular del ejemplo anterior. En este sistema, de configuración asimétrica, se asignan más de una ranura a una línea de entrada. Por ejemplo, es posible encontrar dos líneas, A y B, con una tasa de 75 Kbps y otras dos, C y D con bitrate de 25 Kbps. A las dos primeras líneas se le asignan ranuras de tres unidades de datos, por ejemplo 3 bits, y a las dos segundas, que en realidad tienen una tasa de datos 3 veces inferior, se le asigna una ranura de un bit a cada una. Veamos un ejemplo en la figura 77.

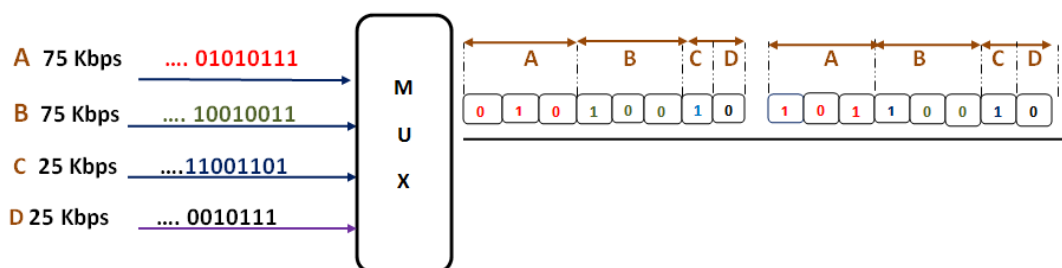


Fig. 77 Multiplexación por asignación de múltiples ranuras e TDM síncrona.

En el proceso de *inserción de pulsos* se da el caso de que la tasa de transmisión de datos de cada una de las líneas no son múltiplos entre sí. Ninguno de los dos sistemas de procesamiento anteriores se puede emplear, por tanto. La solución pasa por convertir a la línea con bitrate más alto en la línea principal, para posteriormente ir añadiendo bits complementarios a las líneas con tasas inferiores, con el objetivo de aumentar sus bitrate. Es una técnica que también se conoce como *inserción de bits*.

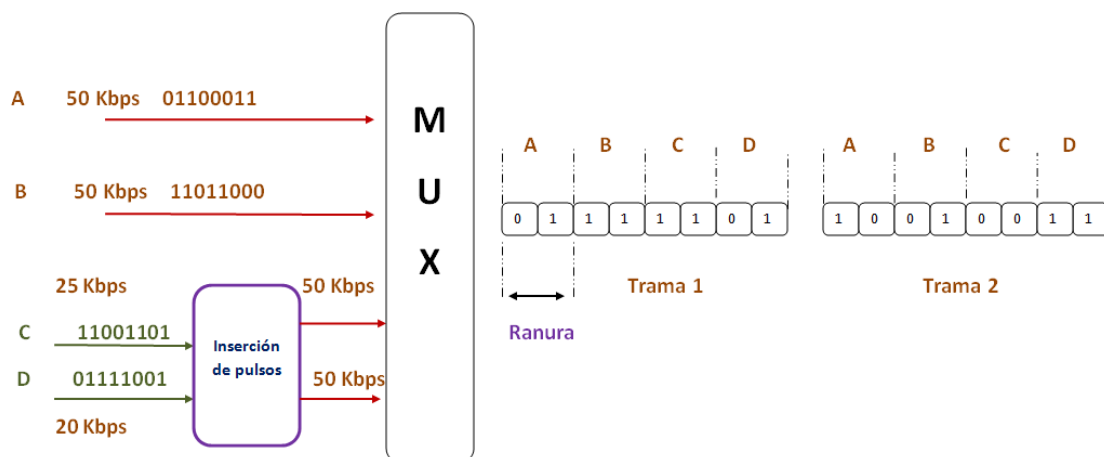


Fig.78 Inserción de pulsos en multiplexación TDM síncrona.

Como podemos observar en la figura 78, se han tomado como referencia las líneas A ó B que tienen una tasa superior de transferencia a 50 Kbps La línea C tiene una bitrate de 45Kbps y la D 40 Kbps, ninguna de ellas con una tasa de transferencia múltiplo de las otras. En el dispositivo de inserción de pulsos, se añaden los bits correspondientes a las líneas C y D hasta alcanzar la tasa de las líneas superiores A y B. Una vez insertado los pulsos respectivos, las cuatro líneas presentan el mismo bitrate, 50 Kbps, de tal forma que la tasa de transferencia de la salida del MUX a la línea de enlace es de 200 Kbps La línea C ha sido incrementada en 5 Kbps y la D en 10 Kbps En el ejemplo de la figura 78, la ranura de tiempo es de 2 bit.

En el proceso de multiplexación TDM síncrona es primordial la sincronización entre el MUX y el DEMUX, ya que si la sincronización entre ambos dispositivos no fuese exacta pueden generarse errores de importancia, ya que el dispositivo de sincronización situado en la recepción puede entregar un bit a una línea equivocada, a la que no corresponde ese dato, con la consiguiente corrupción del sistema. Por esta razón se añaden bits de sincronización al comienzo de cada trama, a los que se les conoce como bits de tramado o bits de entramado. Estos bits facilitan la sincronización al DEMUX a la hora de separar correctamente las ranuras de tiempo. Por regla general, el bit de entramado se va alterando entre los valores 1 y 0.

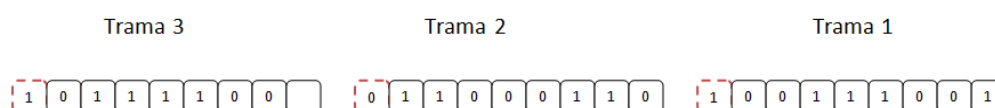


Fig. 79. Inserción de un bit de entramado en el principio de cada trama.

7.2 Aplicaciones de la multiplexación síncrona TDM

Sin duda, una de las aplicaciones más importantes de la multiplexación síncrona por división del tiempo es la ***Synchronous Digital Hierarchy SDH*** ó ***Jerarquía digital síncrona***.

SDH es un sistema de protocolo de transmisión de datos, ampliamente utilizada por las compañías telefónicas, y cuya introducción en la industria de las telecomunicaciones supuso un enorme avance tecnológico, debido al uso de la fibra óptica como medio de transmisión. Otra de las ventajas inherentes a SDH es la consecución de bitrates elevados y ancho de banda. En EEUU este sistema se desarrolló bajo la denominación de SONET ó ANSI T1X1, a la que prestaremos su debida atención.

Cada una de las tramas presentes en la SDH forma una estructura interna de especiales características, denominada contenedor. Una vez encapsulada la trama, se le añaden cabeceras de control que identifican el contenido del contenedor para diferenciarlos de otros.

La jerarquía digital contiene una estructura multinivel, como la que se muestra en la figura 80

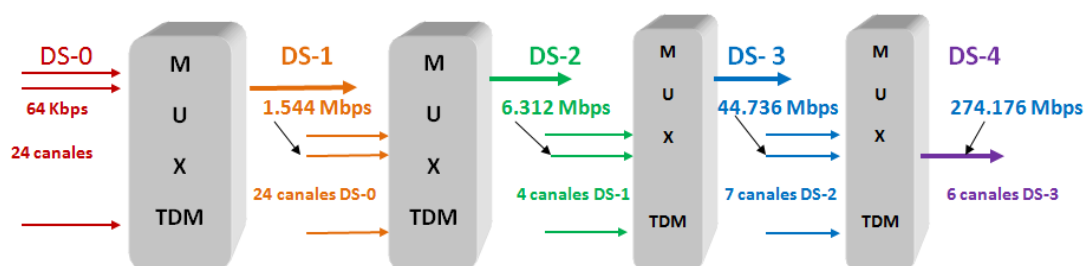


Fig. 80 Jerarquía digital SDH

Las compañías telefónicas hacen uso de la multiplexación síncrona mediante el desarrollo tecnológico de una jerarquía digital, denominada *servicio de señal digital (DS)* que se implementan en líneas T que transportan el bitrate o tasa de transferencias de cada uno de los servicios DS. Las líneas T, se clasifican atendiendo a su capacidad de transporte de información, catalogándose desde T-1 a T-4, teniendo una correlación con los servicios de señal digital DS. Así, T-1 transporta servicios D-1 y T-4 servicios D-4. En Europa, estas líneas se llaman

líneas E, aunque transportan diferentes bitrate. La relación entre ambas es la que muestra la siguiente tabla.

| SERVICIO DE SEÑAL DIGITAL | LINEA T | BITRATE | CANALES DE VOZ | LINEA E | BITRATE | CANALES DE VOZ |
|----------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| DS-1 | T-1 | 1.544 Mbps | 24 | E-1 | 2.048 Mbps | 30 |
| DS-2 | T-2 | 6.312 Mbps | 96 | E-2 | 8.448 Mbps | 120 |
| DS-3 | T-3 | 44.736 Mbps | 672 | E-3 | 34.368 Mbps | 480 |
| DS-4 | T-4 | 274.176 Mbps | 4032 | E-4 | 139.264 Mbps | 1920 |

Fig.81 Relación entre servicios DS, líneas T y líneas E

DS-0 es un canal cuya tasa de datos es de 64 Kbps

DS-1 es un servicio a 1,544 Mbps, que se corresponde con 24 canales de voz de 64 Kbps, multiplexados mediante técnica TDM síncrona. Lleva 8 Kbps extra de sobrecarga para control y sincronización y otros servicios. Puede darse el servicio de ancho de banda full, si el cliente lo demanda, utilizando por tanto la capacidad completa del canal a 1544 Mbps

DS-2 es un servicio de señal digital a 6312 Mbps que se corresponde con 96 canales de voz DS-0, ó 4 canales DS-1. Lleva 168 Kbps de sobrecarga. Por descontando, cabe la posibilidad de utilizar el canal completo si se necesitase la tasa de datos que ofrece el servicio.

DS-3 es un servicio a 44736 Mbps, que son 672 canales de voz DS-0, más 1,368 Mbps de sobrecarga. Puede utilizarse la capacidad completa del canal, o se pueden multiplexar 7 canales DS- 2 ó 28 canales DS-1

Por último DS-4 es un servicio a 274.176 Mbps, que son 4032 canales de voz, más 16128 Mbps de sobrecarga.

Tanto las líneas E como las líneas T son conexiones digitales dedicadas a la transmisión de datos, sean voz, otras señales de audio o video. El flujo digital, que es la esencia de su estructura de trabajo, no las convierte en incompatibles con los entornos analógicos, asumiendo que las señales analógicas han de pasar inevitablemente por el proceso de muestreo, cuantificación y codificación PCM correspondiente para su conversión al mundo digital, antes de aplicar la multiplexación TDM.

En cuanto al estructura de cada una de las trama de una línea E ó T, podemos observar su configuración en la figura 81.

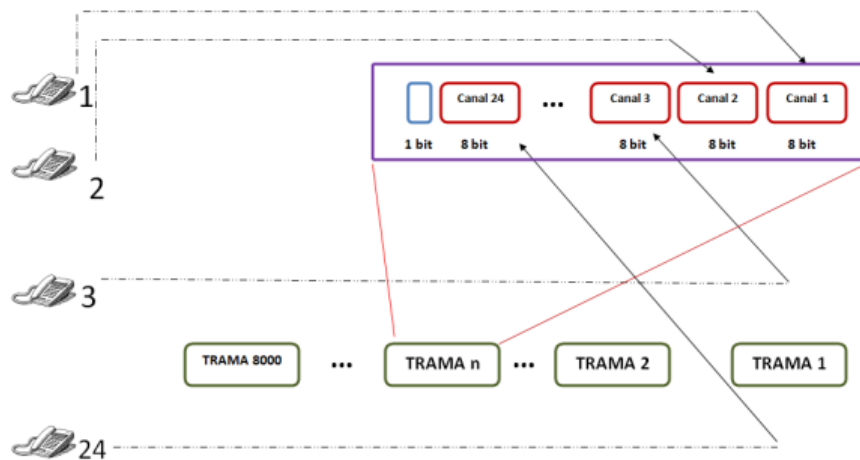


Fig. 81. Estructura de una trama en las líneas E-1 y T-1

Como vemos, los 24 canales de voz se distribuyen en cada trama en bloques o canales de 8 bits cada uno, conjunto al que hay que añadir 1 bit de inicio cuya función es la sincronización.

Por consiguiente, 24 canales de 8 bits, cada uno de los correspondientes a un canal de voz, más 1 bit de sincronización, da un total de 193 bits por trama.

$$(24 \text{ canales} \times 8 \text{ bits}) + 1 \text{ bit sincronización} = 193 \text{ bits por trama}$$

Cada bloque contiene 1 segmento de señal de cada canal de voz. La línea T-1 transporta 8000 tramas, por lo que su tasa de transferencia es de:

$$8000 \text{ tramas} \times 193 \text{ bits} = 1544 \text{ Mbps}$$

8. Multiplexación estadística por división en el tiempo.

Alguno de los inconvenientes que presenta la operación de multiplexación TDM síncrona se basa en el hecho de que algunas fuentes o líneas de entrada al MUX, no contenga datos para su transmisión. Esto, convierte al sistema en poco efectivo, ya que está reservando una ranura en la trama de salida que no tiene contenido y está vacía.

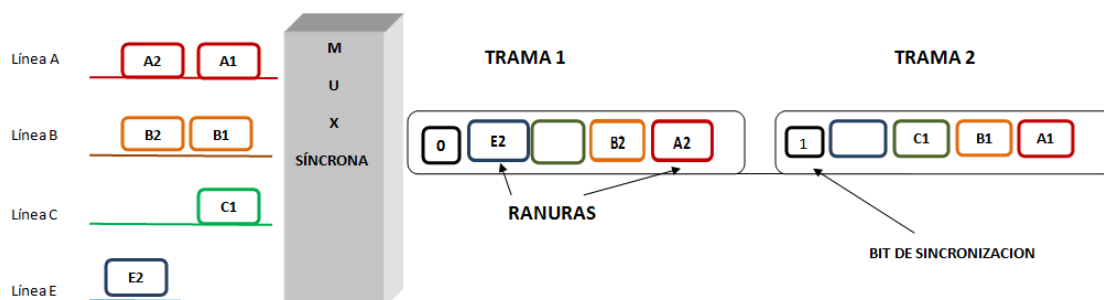


Fig. 82 Asignación de ranuras en la trama en la multiplexación TDM síncrona

Sin embargo, en el modelo estadístico las ranuras de la trama se asignan de forma dinámica, de cara a mejorar el conjunto del proceso y optimizar el ancho de banda. Es decir, una línea de entrada tiene la posibilidad de ocupar una ranura en la trama solo cuando tiene información que enviar y de no hacerlo cuando su contenido está vacío. Esta propiedad de la multiplexación estadística da como resultado que las ranuras que se forman en las tramas son siempre inferiores a las líneas de entrada, a no ser que se dé el caso de que todas las fuentes de entrada al MUX tengan datos que enviar, en cuyo caso el número de líneas y el de ranuras en las tramas es el mismo y no tendría sentido la aplicación de esta técnica sino de otra.

La articulación del modelo se basa en que el MUX comprueba periódicamente cada una de las líneas de entrada, destinando los datos a cada una de las ranuras de la trama si la línea tiene datos listos para el envío, y si la línea de entrada estuviese sin actividad o datos, el multiplexador la obvia pasando a la siguiente.

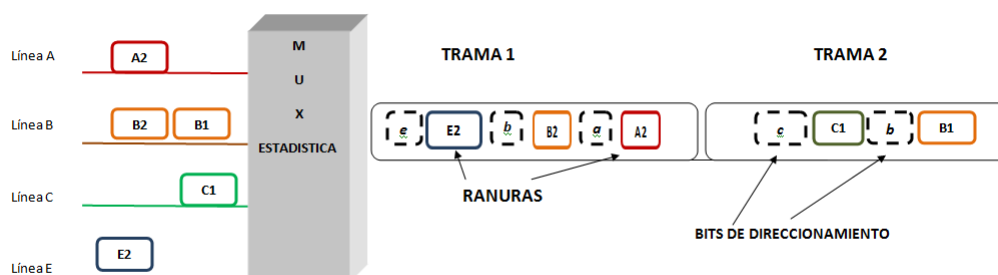


Fig. 83 Asignación de ranuras en la trama y bits de direccionamiento en la multiplexación TDM estadística.

Una de las diferencias entre los dos modelos de multiplexación por división en el tiempo, es el tratamiento de los bits de sincronización tanto en el sistema síncrono como en el estadístico.

En el proceso síncrono no es necesario el direccionamiento, ya que la sincronización entre MUX y DEMUX se produce con las asignaciones previamente establecidas entre las líneas de entrada y de salida, lo que equivaldría a lo que entendemos como direccionamiento.

Sin embargo, en el proceso de multiplexación estadística no existe ningún establecimiento previo entre entradas y salidas, ya que el concepto de ranura reservada por línea aunque esté vacía no existe. Por eso, es imprescindible incluir la dirección de destino en cada ranura para establecer el punto de recepción y entrega. La ranura A1 va direccionada a la línea de salida A y no a ninguna otra.

El paquete de datos correspondiente al direccionamiento de cada ranura puede tener n bits, para definir N salidas distintas, magnitudes relacionadas mediante la siguiente ecuación

$$n = \log_2 N$$

Por ejemplo, para 16 salidas, el paquete de direccionamiento contiene 4 bits.

La relación entre el tamaño de los datos de información a transmitir y los bits imprescindibles de direccionamiento en las tramas de la multiplexación estadística ha de estar necesariamente equilibrada y tener sentido, con el objetivo de que el enlace sea eficiente. No tendría ningún sentido enviar por cada línea de entrada 2 bits de información, mientras los bits de direccionamiento son 4, como hemos visto anteriormente, ya que daría lugar a una sobrecarga que convertiría al proceso en ineficiente. Por esta razón, y por regla general, las tramas que se generan en la multiplexación estadística están compuestas por bloques de datos cada uno de ellos transportando un número considerable de bytes en relación con los bloques de direccionamiento que contienen un número reducido de bytes.

La particular estructura del modelo estadístico que hemos visto hasta el momento, y máxime una vez conocida la relación entre carga de datos de los bloques de cada línea y carga de datos de los bloques de direccionamiento, da como resultado que la capacidad del enlace medido en ancho de banda es siempre inferior a la suma de las capacidades individuales de cada línea. La capacidad del enlace de salida del MUX se establece según la estadística de carga de cada fuente. Solo cuando las líneas de entrada están completas, se produce una congestión en la capacidad del enlace por lo que algunas de los bloques o ranuras de cada fuente han de esperar su turno para ocupar un lugar en la trama, o, utilizar otras técnicas de multiplexación diseñadas para esos casos.

9. Técnica del espectro expandido

Se trata de un sistema en el que varias fuentes se multiplexan para optimizar el ancho de banda del enlace, al igual que en los procesos que hemos visto hasta el momento, pero con otro propósito.

La expansión del espectro (*spread spectrum*) tiene su campo de actuación en las comunicaciones inalámbricas, principalmente en los entornos LAN y WAN que veremos en su momento. El hecho de que las comunicaciones inalámbricas utilicen el aire (o el vacío) como medio de transmisión las convierte en más vulnerables a injerencias de terceros que aquellas que usan medios físicos corpóreos en la transmisión de datos como son las fibras ópticas o los cables de cobre.

La técnica de expansión del espectro no busca en sí misma una optimización del ancho de banda sino que, más bien, entre sus objetivos se encuentra la redundancia de la señal y la seguridad de la transmisión.

Las fuentes emisoras en las comunicaciones inalámbricas han de ser capaces de compartir el medio de transmisión sin ser interceptadas por receptores indeseados y sin ser interferidas por intrusos, algo que convierte a esta técnica en especialmente adecuada, también, para su uso en el ámbito militar con frecuencias dedicadas y exclusivas, además del uso de la técnica en el ámbito civil.

El proceso implica un ensanchamiento del espectro original de trabajo de cada fuente emisora. Consideremos que el ancho de banda de cada fuente es, por ejemplo, BW , la técnica de expansión lo convertiría en BW_{EX} de tal forma que siempre

$$BW_{EX} > BW$$

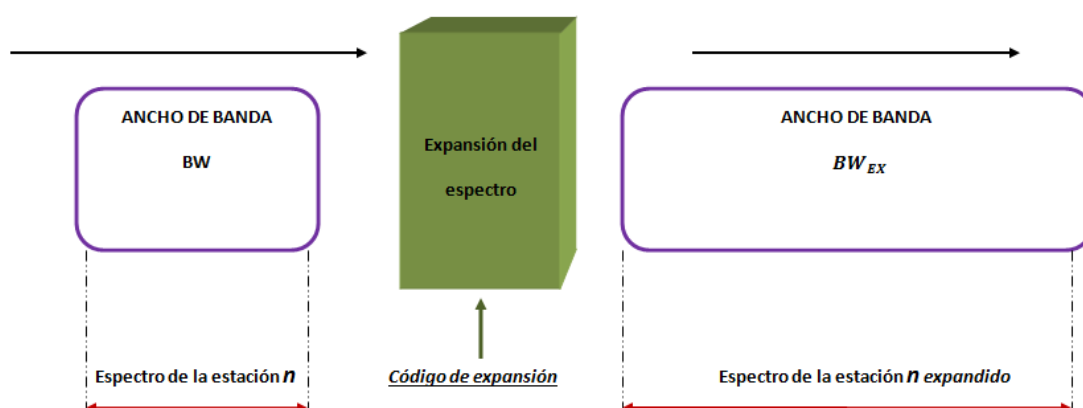


Fig. 84 Proceso del espectro expandido

Como vemos en la figura 84, la técnica de expansión se produce en un estado intermedio, una vez que se ha generado la señal original. Además, el proceso posibilita añadir redundancia al aumentar considerablemente el ancho de banda de la señal primitiva. En el desarrollo del método de expansión se introduce un código de ensanchado que constituye una pauta para cada señal alterada.

Las dos técnicas principales aplicadas al espectro expandido son el de **expansión por salto de frecuencia (FHSS)** y el de **expansión por secuencia directa (DSSS)**

10. Transmisión de datos.

El hecho de transmitir implica comunicar, y a su vez comunicar lleva implícito el hecho de compartir. El proceso puede ser perfectamente inverso y bidireccional.

Muchas de las comunicaciones se producen entre puntos distantes entre sí, por lo que hablamos de telecomunicación, bien sea porque se comparten mensajes a través de la voz (telefonía), porque los mensajes se comparten mediante un código (telegrafía) o porque el mensaje llega en forma de imagen y sonido (televisión).

Hablar de datos significa hablar de una representación simbólica de un atributo o de una variable que es cuantificable. Los datos describen hechos empíricos, sucesos o entidades

Un dato por sí mismo no constituye información, es el procesamiento, el tratamiento de los mismos y su intercambio, lo que realmente genera información. Podemos definir la transmisión de datos como el hecho de intercambiar información entre dos puntos, más allá de lo distantes o próximos que estén y sin especificar como es el intercambio, si dual o simple.

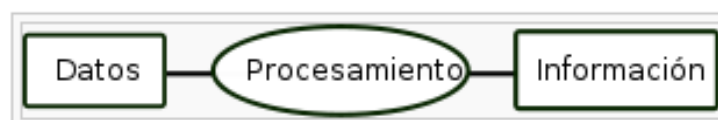


Fig. 51. Datos e información

Para que la transmisión de los datos sea posible, los dispositivos de comunicación que van a proceder a la transmisión deben formar parte activa de un sistema que posibilite el intercambio de información entre los puntos.

Par ello serán necesarios equipos de procesamiento de datos, líneas de transmisión y protocolos de procesamiento.

Como apunta *Forouzan*, la efectividad de la transmisión de datos depende de cuatro características fundamentales

- a) Entrega
- b) Exactitud
- c) Puntualidad
- d) Retardo (*jitter*)

El sistema debe de verificar que los datos se entregan al destinatario correcto y no a otro. La base del sistema de transmisión se fundamenta en este hecho. La sociedad de la información da por sentado que la entrega de datos no va asociada a error en este sentido. Una conexión vía satélite encriptada va destinada solo a aquellos que conocen el código.

A su vez, el sistema debe de asegurar que la entrega de datos lleva consigo una total exactitud en cuanto a su naturaleza. Los datos que se vean afectados por la propia transmisión, o por otros factores y mecanismos que intervienen en la adecuación de los datos para el envío entre puntos distantes y que varíen sustancialmente su esencia, quedan distorsionados o corrompidos por lo que se convierten en incorrectos. No solo desvirtúan el mensaje sino que son inutilizables.

Los datos han de entregarse puntualmente, ya que el retraso en su entrega inhabilita el propósito que va implícito en el envío del mensaje. De hecho una desincronización temporal en la interpretación de los datos contenidos en el mensaje, que el emisor envía y el receptor recupera, puede llevar a una lectura errónea de los mismos y dar lugar a un mensaje ininteligible o erróneo. En el caso de video, audio y voz, la entrega puntual significa que el receptor recupera los datos a medida que se producen pudiendo hacer uso de ellos con inmediatez.

Por último el retardo o *jitter* afecta a la variabilidad temporal en la transmisión de señales digitales y al tiempo de llegada de los paquetes de datos a su destino de entrega. Por tanto, constituye una parte importante en el proceso de transmisión, ya que en el caso hipotético de que el sistema haya cumplido con las expectativas y niveles de calidad exigidos en cuanto a destino del mensaje, exactitud y puntualidad, este retraso inesperado dará como resultado una mala calidad de transmisión, y por tanto puede considerarse como un ruido no contemplado ni deseado en el proceso.

En telecomunicaciones hecho de que los paquetes de datos tengan una ejecución variable es un factor de enorme importancia especialmente, ya que el hecho de que los paquetes lleguen antes, con antelación a su tiempo de llegada, o demasiado tarde, implica una desordenada recepción y por consiguiente una deficiente calidad de señal. En aplicaciones multimedia en Internet, como radio, televisión o telefonía, el efecto *jitter* es incómodo y distorsionante. Este factor de retardo es posible minorizarlo mediante un *búfer de jitter* que consiste en una

memoria intermedia de fluctuación que almacena temporalmente los paquetes que se reciben, con el objetivo de reducir al mínimo las variaciones temporales de llegada de los mismos, como se ha comentado

Si el *búfer de jitter* es demasiado pequeño, entonces un número excesivo de paquetes almacenados temporalmente desborda su capacidad, con lo cual los paquetes son completamente desechados lo que conduce a una degradación de la calidad de la señal.

Si por el contrario, la memoria intermedia es demasiado grande produce un retardo adicional al generado por el jitter dando como resultado una dificultad extra en la transmisión.

Por tanto, el dimensionamiento correcto de la capacidad del *búfer de jitter* tiene una especial importancia. Una configuración adecuada podría estar entre los 30 y 50 milisegundos.

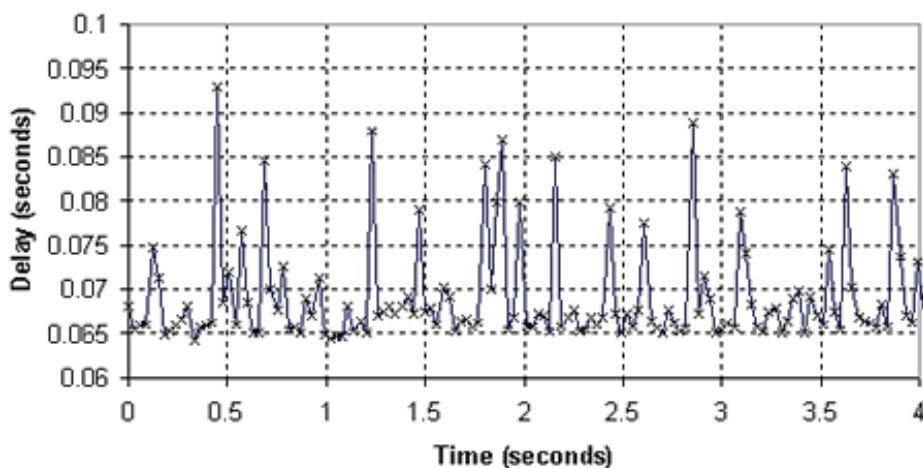


Fig. 52 Ejemplo de congestión en Internet.

La figura 51 muestra un ejemplo relacionado con la congestión que se produce en Internet. Las x son paquetes, mientras que eje de coordenadas muestra el retraso (*delay*) que se va produciendo a lo largo del tiempo (eje de abscisas) en la recepción de los paquetes.

10.1 Componentes del sistema de transmisión de datos.

Los sistemas de transmisión de datos están integrados por al menos cinco componentes fundamentales.

1. **Mensaje.**
2. **Emisor**
3. **Receptor**
4. **Medio de transmisión**
5. **Protocolo.**

Los datos son la parte esencial del mensaje que queremos transmitir. Estos datos pueden ser de diversa naturaleza, pueden estar representados en diferentes formas, ser analógicos o digitales, estar formados por números, o por texto y gráficos, o por una combinación de todos ellos; pueden, también, contener audios y videos mezclados intrínsecamente, o por el contrario, el audio puede constituir un mensaje por sí solo. El mensaje, una vez recibido, puede ser inteligible o incompresible, dependiendo si se ha aplicado un determinado código durante la transmisión. En todo caso, el mensaje, su transmisión y entrega son la causa y objetivo último de la existencia de las redes de comunicación, y el fundamento de la sociedad en el mundo de nuestros días.

El emisor es el dispositivo que envía los datos que constituyen la entidad del mensaje. Los emisores pueden ser de variada naturaleza. Un teléfono, un enlace microondas, una antena satelital, una computadora, un módem inalámbrico, etc. A su vez, los receptores del mensaje enviado por el emisor tienen su misma condición. Un teléfono, una antena microondas Rx, una antena satelital TVRO, una estación de trabajo de computación, etc.

La cuestión, por consiguiente, es la unión entre emisor y receptor para el intercambio de información. La mutua reciprocidad entre ambos, exige un medio de transmisión adecuado, al que podemos definir como el medio físico por el que transita el mensaje. Puede ser guiado o no guiado, es decir, transportado mediante mecanismos tangibles, como cables, fibras, cobre, etcétera, o, por el contrario, dirigido a través del aire o el éter mediante ondas electromagnéticas.

Sea uno u otro el medio de transmisión adoptado, es imprescindible un protocolo o conjunto de reglas que rijan y fijen con claridad la transmisión de los datos. En realidad, el protocolo no es más que un compromiso entre los dispositivos que se comunican para entender el lenguaje que va implícito en el mensaje que se transmite entre ellos.

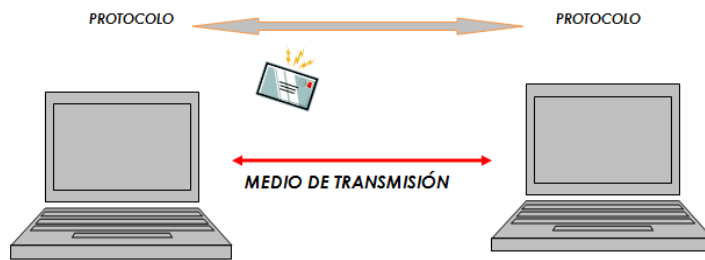


Fig.53 Componentes presentes en un sistema de transmisión de datos.

Por la importancia de los medios de transmisión así como de los protocolos empleados, volveremos con más detalle sobre ellos en capítulos posteriores.

10.2 Naturaleza de la información en sistemas digitales.

Como se apuntó anteriormente los datos que componen la información a transmitir se son entregados bajo diferentes apariencias en los sistemas digitales. Así hablamos de texto, números, imágenes, audio y finalmente video, siendo éste una conjunción de imágenes en movimiento y audio incorporado.

10.2.1 Texto

En la transmisión de datos, el texto se reproduce mediante un modelo binario, es decir, a través de bits compuesto por 0s y 1s.

En la actualidad, coexisten distintos estándares para representar símbolos de texto. Cada agrupación de patrones binarios se denomina código y al proceso consistente en la representación digital de cada uno de los símbolos textuales se conoce como codificación.

Una de los códigos más presentes hoy el denominado Unicode, que es un estándar de codificación de caracteres creado para facilitar el tratamiento informático, transmisión y visualización de textos de distintas lenguas y especialidades técnicas, además de textos clásicos de lenguas muertas.

El término Unicode debe su nombre a tres objetivos principales:

Universalidad: Para hacer afrontar las distintas lenguas del mundo.

Uniformidad: con el objeto de permitir un acceso eficiente.

Unicidad: las secuencias de bits tienen una única interpretación respecto a la representación de los caracteres.

Unicode maneja códigos de 32 bits para representar de manera característica un símbolo o carácter usado en cualquier lengua del mundo.

| Code | English | A | Proposed | Others |
|--------------------------|---|---|---|--------|
| <i>Characters In Use</i> | | | | |
| Main Letters | [abcdefghijklmnopqrstuvwxyz] | ✗ | {\u09BC} অ আ ই ঈ উ ঊ ঋ ঌ ঍ ঐ ও ঔ ঙ ঃ {\u0981} ক {\k\u09CDষ} খ গ ঘঙ চ ছ জঝ ঞ ট ঠ ড {\ড\u09BC} ঢ {\ঢ\u09BC} ন ত থ দ ধ ন প ফ ব ভ ম য {\য\u09BC} র ল শ স হ ঙ া ি িী {\u09C1} {\u09C2} {\u09C3} {\u09C4} {\u09E2} {\u09E3} ੇ ੀ ੁ ੂ ੃ ੄ ੆ ੇ ੈ ੉ ੊ ੋ ੌ ੍ | |
| Others: auxiliary | [áâãäåääåæçéêëèēīīīīīñōóôõöøœúûüý] | ✗ | {\u200C}\u200D ढ ण न र ल व ब | |
| Others: index | [ABCDEFGHIJKL MNOPQRST UVWXYZ] | ✗ | অ আ ই ঈ উ ঊ ঋ ঌ ঍ ঐ ও ঔ ক {\k\u09CDষ} খ গ ঘঙ চ ছ জঝ ঞ ট ঠ ড ঢ গ ত থ দ ধ ন প ফ ব ভ ম য র ল শ স হ | |
| Others: punctuation | [!- -- , ; : ! ? ' " ~ _ { } [\] \$ @ * / \& # + = ''"] | ✗ | {-,.;:?!?.(){}[]\$@*/\&#+='"}] | |

Fig. 54 Unicode aplicado a a lengua bengalí de la India.

Los antecedentes de Unicode se encuentran en los trabajos desarrollados por Xerox en 1980 en el programa *Star* en el cual se introducían códigos de 2 Bytes (16 bits) para la representación de caracteres.

Unicode comenzó como proyecto a finales de 1987, tras las conversaciones entre Apple y Xerox para desarrollar una codificación universal. Los ingenieros, *Joe Becker*, *Lee Collins* y *Mark Davis* fueron los encargados de desarrollar el proyecto.

Unicode especifica un nombre e identificador numérico único para carácter o símbolo. Este identificador se denomina *code point* o *punto de código*. Al tratar los caracteres alfabéticos, ideográficos y simbólicos de forma equivalente, el código permite introducirlos en un mismo texto.



Fig.55 Carácter devanagari (India) y su correspondiente code point.

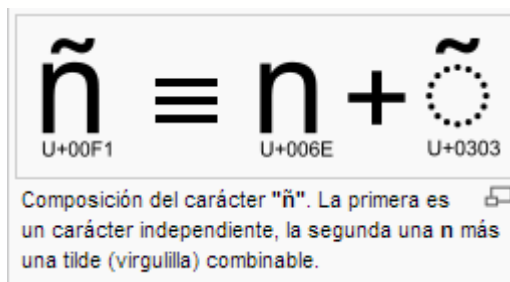


















Fig. 56 *Carácter de uso en castellano y sus dos code point.*

La implantación de Unicode ha tenido como objetivo reemplazar los esquemas de codificación de caracteres, muchos de los cuales estaban limitados en tamaño, siendo además incompatibles con entornos plurilingües. Unicode es el más completo de cuantos esquemas de codificación de caracteres existen en la actualidad, siendo el fundamental en la internalización y adaptación local del software informático.

Unicode ha sido introducido en tecnologías como XML, Java y otros sistemas operativos de última generación.

| 1720 | Hanunoo | | 173F |
|------|---|---|------|
| | 172 | 173 | |
| 0 |  1720 |  1730 | |
| 1 |  1721 |  1731 | |
| 2 |  1722 |  1732 | |
| 3 |  1723 |  1733 | |
| 4 |  1724 |  1734 | |
| 5 |  1725 |  1735 | |
| 6 |  1726 |  1736 | |
| 7 |  1727 | | |
| 8 |  1728 | | |

Independent vowels

1720 ✓ HANUNOO LETTER A
1721 ✓ HANUNOO LETTER I
1722 ✓ HANUNOO LETTER U

Consonants

1723 ✓ HANUNOO LETTER KA
1724 ✓ HANUNOO LETTER GA
1725 ✓ HANUNOO LETTER NG
1726 ✓ HANUNOO LETTER TA
1727 ✓ HANUNOO LETTER DA
1728 ✓ HANUNOO LETTER NA
1729 ✓ HANUNOO LETTER PA
172A ✓ HANUNOO LETTER BA
172B ✓ HANUNOO LETTER MA
172C ✓ HANUNOO LETTER YA
172D ✓ HANUNOO LETTER RA
172E ✓ HANUNOO LETTER LA
172F ✓ HANUNOO LETTER WA
1730 ✓ HANUNOO LETTER SA
1731 ✓ HANUNOO LETTER HA

Dependent vowel signs

1732 ○ HANUNOO VOWEL SIGN I
1733 ○ HANUNOO VOWEL SIGN U

Virama

1734 ✓ HANUNOO SIGN PAMUDPOD

Generic punctuation for Philippine scripts

1735 / PHILIPPINE SINGLE PUNCTUATION
→ 0964 I devanagari danda
1736 // PHILIPPINE DOUBLE PUNCTUATION
→ 0965 II devanagari double danda

Fig.57 Caracteres de la lengua Hanuoo (Islas Filipinas) y sus correspondientes code point.

El estándar Unicode se diseñó originalmente como una codificación de caracteres con 16 bits, pero desde entonces se ha modificado para permitir caracteres que requieran más de los 16 bits iniciales. La gama de *code point* se extiende en este momento desde U+0000 hasta U+ 10 FFFF, utilizando la numeración hexadecimal que veremos más adelante, *U+ n notación*.

Caracteres cuyos *code point* sean superiores a U+10 FFFF se les denomina caracteres complementarios. Al representar la gama completa de caracteres

usando solamente 16 bits genera una norma de codificación denominada UTF-16. Los caracteres complementarios se representan desde U+D800 hasta U+DBFF, y desde U+DC00 hasta U+DFFF.

Para comprender la terminología aplicada en Unicode con el sistema de numeración hexadecimal, ver el apartado correspondiente a este tipo de numeración.

Por ejemplo, y como anticipo del estudio de los sistemas de numeración hexadecimal, U+D800 es la palabra binaria de 16 bit

$$1101100100000000_2$$

Y U+DBFF corresponde a

$$1101101111111111_2$$

La plataforma Java sigue la especificación Unicode a medida que este código evoluciona. El lenguaje de programación Java representa el texto en secuencias de unidades de código de 16 bits, con la codificación UTF-16.

Algunas bibliotecas e interfaces de programación de aplicaciones (API) de Java SE, utiliza caracteres de 32 bits para representar *code point* como entidades individuales. La propia plataforma proporciona métodos para convertir representaciones en 32 bits a 16 bits y viceversa.

El instituto *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)* que ejerce su actividad desde hace varias décadas en Estados Unidos, define los 128 primeros caracteres de Unicode con el nombre de **Basic Latin**.

ASCII por su parte, es el Código Estándar Americano para intercambio de información. Se trata de un código de caracteres basado en el alfabeto latino, tal y como se usa en el idioma inglés moderno y en otras lenguas occidentales. Utilizaba 7 bits para la representación de caracteres, sumando un bit de adicional o paridad para detectar errores en la transmisión. El estándar ISO-8859-1 que es un código de 8 bits se usa para el idioma español.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|----|----|-----|-----|----|---|---|---|---|-----|
| <div> <div> <div>b₇</div> <div>b₆</div> <div>b₅</div> <div>b₄</div> <div>b₃</div> <div>b₂</div> <div>b₁</div> </div> <div> <div>Column</div> <div>Row</div> </div> </div> | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NUL | DLE | SP | 0 | @ | P | ` | p |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | SOH | DC1 | ! | 1 | A | Q | a | q |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | STX | DC2 | " | 2 | B | R | b | r |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | ETX | DC3 | # | 3 | C | S | c | s |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | EOT | DC4 | \$ | 4 | D | T | d | t |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 5 | ENQ | NAK | % | 5 | E | U | e | u |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | 6 | ACK | SYN | & | 6 | F | V | f | v |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 7 | BEL | ETB | ' | 7 | G | W | g | w |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | BS | CAN | (| 8 | H | X | h | x |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 9 | HT | EM |) | 9 | I | Y | i | y |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | 10 | LF | SUB | * | : | J | Z | j | z |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 11 | 11 | VT | ESC | + | ; | K | [| k | { |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 12 | 12 | FF | FC | , | < | L | \ | l | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 13 | 13 | CR | GS | - | = | M |] | m | } |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 14 | 14 | SO | RS | . | > | N | ^ | n | ~ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 15 | 15 | SI | US | / | ? | O | _ | o | DEL |

Fig.58 Carta de Código ASCII

Como vemos en la carta se establece una lectura de los bits comenzando por la cuarta columna vertical y continuando con el quinto bit en la parte superior hasta completar los 7 bit que representan un carácter.

Por ejemplo, la letra F se representaría como

0110001

Basic Latin, a su vez, está codificado en un Byte. Contiene todos los caracteres y códigos de control del estándar ASCII.

0000

C0 Controls and Basic Latin

007F

| | 000 | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 |
|---|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0 | NUL 0000 | DLE 0010 | SP 0020 | 0 0030 | @ 0040 | P 0050 | ` 0060 | p 0070 |
| 1 | SOH 0001 | DC1 0011 | ! 0021 | 1 0031 | A 0041 | Q 0051 | a 0061 | q 0071 |
| 2 | STX 0002 | DC2 0012 | " 0022 | 2 0032 | B 0042 | R 0052 | b 0062 | r 0072 |
| 3 | ETX 0003 | DC3 0013 | # 0023 | 3 0033 | C 0043 | S 0053 | c 0063 | s 0073 |
| 4 | EOT 0004 | DC4 0014 | \$ 0024 | 4 0034 | D 0044 | T 0054 | d 0064 | t 0074 |
| 5 | ENQ 0005 | NAK 0015 | % 0025 | 5 0035 | E 0045 | U 0055 | e 0065 | u 0075 |
| 6 | ACK 0006 | SYN 0016 | & 0026 | 6 0036 | F 0046 | V 0056 | f 0066 | v 0076 |
| 7 | BEL 0007 | ETB 0017 | ' 0027 | 7 0037 | G 0047 | W 0057 | g 0067 | w 0077 |
| 8 | BS 0008 | CAN 0018 | (0028 | 8 0038 | H 0048 | X 0058 | h 0068 | x 0078 |
| 9 | HT 0009 | EM 0019 |) 0029 | 9 0039 | I 0049 | Y 0059 | i 0069 | y 0079 |

Fig.59. Código Basic Latin de Unicode

10.2.2. Números y sistemas de numeración.

Los números se representan, al igual que el texto, mediante una pauta binaria.

Sin embargo no se usa ningún tipo de código tipo ASCII o Unicode para su representación. Los números son transformados directamente al sistema binario, para simplificar las operaciones matemáticas.

Un sistema de numeración es una agrupación de símbolos y reglas destinados a representar datos numéricos.

Los sistemas de numeración en la actualidad son sistemas ponderados o posicionales cuya particularidad consiste en que el valor del dígito depende tanto del símbolo utilizado como de su posición en el número.

Sistema decimal

Por ejemplo es sistema de numeración decimal es un sistema posicional, compuesto por 10 símbolos o dígitos, del 0 al 9, a los que se otorga un valor en función de la posición que ocupen en la cifra: unidades, decenas, centenas, etc.

El valor de cada dígito está asociado al de una potencia en base 10, al ser 10 los dígitos del sistema, y al del exponente igual al de la posición que ocupa el dígito menos uno, contando desde la derecha del número.

Por ejemplo, el número 1.245 es

$$1.245 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0$$

En el caso de que el número contenga decimales, la resolución del problema es similar

Por ejemplo, el número 1.245,67

$$1.245 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

Es decir,

$$1.000 + 200 + 40 + 5 + 0,6 + 0,07 = 1.245,67$$

Sistemas de numeración binaria

Se trata de un sistema de numeración posicional en base 2, ya que utiliza únicamente dos dígitos para representar un número, el 0 y el 1.

En un guarismo binario, cada dígito tiene diferente valor dependiendo del valor que ocupe.

El valor de cada posición es el de una potencia en base 2, elevada a un exponente igual a la posición del dígito menos uno.

Así, por ejemplo, el número

100100 tiene el siguiente valor

$$100100 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 68$$

Conversión entre números decimales y binarios

Convertir un número decimal a un binario implica una operación de sucesivas divisiones por 2, considerando los restos obtenidos para representarlos de en orden inverso al que se han obtenido, es decir, de derecha a izquierda.

Por ejemplo el número 1.265 corresponde en código binario a:

1.265 es

$$1.265:2 = 632 \text{ resto } 1$$

$$632:2 = 316 \text{ resto } 0$$

$$316:2 = 158 \text{ resto } 0$$

$$158:2 = 79 \text{ resto } 0$$

$$79:2 = 39 \text{ resto } 1$$

$$39:2 = 19 \text{ resto } 1$$

$$19:2 = 9 \text{ resto } 1$$

$$9:2 = 4 \text{ resto } 1$$

$$4:2 = 2 \text{ resto } 0$$

$$2:2 = 1 \text{ resto } 0$$

$$1:2 = 0 \text{ resto } 1$$

El número 1.265 en código binario corresponde al guarismo:

10011110001

El tamaño de los números binarios es un asunto a considerar. En el ejemplo, hemos visto como el número 1.265 de cuatro dígitos corresponde en sistema binario a un número de 11 dígitos.

Por regla general, con n dígitos binarios pueden representarse 2^n números decimales.

El número decimal mayor que puede escribirse con n dígitos es igual a $2^n - 1$

Así, por ejemplo, con 11 dígitos binarios se pueden representar 2.048 números decimales. El mayor de ellos será el número

$$2^{11} - 1 = 2.047$$

Sistema de numeración octal

Uno de los inconvenientes del sistema binario, como hemos visto en el ejemplo anterior, es que la representación de ciertos números es muy larga. Por esta razón se utilizan los sistemas de numeración posicionales octal y hexadecimal.

Al sistema numérico en base 8 se le denomina como octal, ya que utiliza 8 dígitos, del 0 al 7.

En procedimientos informáticos, los bits se agrupan en grupos de ocho a los cuales se les conocen como byte. Esta es la razón por la cual es importante el sistema de numeración octal.

En el sistema octal, cada dígito tiene un valor dependiendo del lugar que ocupe. El valor de cada posición viene determinado por potencias en base 8, aplicándose la regla general de sistemas de numeración posicionales en los cuales el valor de la potencia corresponde a su posición en el guarismo menos uno.

Así el número 458 en sistema octal corresponde al siguiente número en el sistema decimal:

$$458_8 = 4 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 8 \times 8^0 = 304_{10}$$

Nótese que para diferenciar un número en el sistema octal y su correspondiente en el sistema decimal se suelen utilizar subíndices que indican cual es el sistema de numeración que se está empleando.

Para ejecutar la conversión de decimal a octal se divide el número decimal en cuestión entre 8 hasta obtener un cociente que sea inferior a 8.

Por ejemplo, pasemos el decimal 468 a octal.

$$468 : 8 = 58,5$$

Se conserva la parte entera, 58, como numerador de la siguiente división y para calcular el resto se multiplica la parte decimal por 8.

$$0,5 \times 8 = 4$$

El siguiente paso es dividir la parte entera entre 8, nuevamente.

$$58:8= 7,25$$

Repetimos la operación al conservar la parte entera, 7, para la siguiente división y multiplicar la parte decimal por 8.

$$0,25 \times 8 = 2$$

Sin embargo ahora 7 no es divisible por 8 por lo que la operación ha finalizado.

Obtenemos el número octal colocando los restos obtenidos de izquierda a derecha, comenzando por el último alcanzado. El resultado es 724.

$$468_{10} = 724_8$$

Para pasar un número de binario a octal tan solo hay que agrupar los bits en grupos de tres dígitos, comenzando la agrupación de derecha a izquierda. En caso de que el último grupo no contenga los tres dígitos y sean 1 ó 2 los dígitos que lo forman, el grupo se completa con ceros a la izquierda.

Por ejemplo, el número

1001010 en sistema binario se transformaría en sistema octal, al asociar los bits de 3 en tres, en

$$001 / 001 / 010$$

Habiendo completado el último grupo con dos ceros a la izquierda del 1.

A continuación se convierten las agrupaciones de tres bits al sistema decimal

$$001=1$$

$$001= 1$$

$$010 = 2$$

Por tanto, el número correspondiente en sistema octal es el 112₈

$$1001010_2 = 112_8$$

| DECIMAL | BINARIO | OCTAL |
|---------|---------|-------|
| 0 | 000 | 0 |
| 1 | 001 | 1 |
| 2 | 010 | 2 |
| 3 | 011 | 3 |
| 4 | 100 | 4 |
| 5 | 101 | 5 |
| 6 | 110 | 6 |
| 7 | 111 | 7 |

Fig.60 Relación entre los sistemas decimal, binario y octal.

La conversión de sistema octal a binario es igual de sencilla.

Por ejemplo el octal 634_8 corresponde al número binario siguiente.

6= 110

3= 001

4= 110

$$634_8 = 110001110_2$$

En el proceso informático de datos en computación a veces se utiliza el sistema octal en lugar del binario o hexadecimal, que veremos a continuación. Una de sus ventajas es que no necesita otros símbolos que no sean los dígitos.

En realidad, es un sistema muy útil y cómo para representar palabras formadas por seis bits, ya que cada tres bits, es decir media palabra, corresponde a un dígito octal, de tal manera que con dos dígitos en sistema octal podemos representar una palabra formada por seis bits.

Sistema de numeración hexadecimal.

Se trata de un sistema de numeración de base 16.

Al igual que en el sistema decimal cuando se completan 10 unidades de un determinado nivel se obtiene una unidad de nivel superior, como por ejemplo, cuando obtenemos diez decenas tenemos una centena, y cuando son 10 las centenas se alcanza un millar, en el sistema hexadecimal cada vez que se obtienen 16 unidades en un determinado nivel se logra un nivel superior.

Es por tanto un sistema con 16 dígitos distintos. Como en el sistema decimal solo se cuenta con 10 dígitos, del 0 al 9, es necesario completar los restantes 6 con otros símbolos, que en este caso serán las primeras letras del abecedario, relacionadas con el sistema decimal de la siguiente manera

| <u>HEXADECIMAL</u> | <u>DECIMAL</u> |
|--------------------|----------------|
| A | 11 |
| B | 12 |
| C | 13 |
| D | 14 |
| E | 15 |
| F | 16 |

Fig.61 Relación entre símbolos textuales del sistema hexadecimal y su correspondencia en el sistema decimal

Este sistema de numeración es muy utilizado en informática porque simplifica la expresión binaria de las palabras o caracteres.

Como ya sabemos en el proceso de datos se utiliza el byte como unidad básica de información.

Por tanto con un byte, ocho bits, podemos representar 256 valores, en concreto desde el

00000000_2

hasta el

11111111_2

El primero corresponde al 0 decimal y el segundo al 255.

Pero para poder representar esos valores se necesitan, como vemos, 8 dígitos. La ventaja del sistema hexadecimal es que para representar los mismos valores solamente se precisan dos dígitos.

| <u>DECIMAL</u> | <u>BINARIO</u> | <u>HEXA</u> |
|----------------|----------------|-------------|
| 0 | 0000 | 0 |
| 1 | 0001 | 1 |
| 2 | 0010 | 2 |
| 3 | 0011 | 3 |
| 4 | 0100 | 4 |
| 5 | 0101 | 5 |
| 6 | 0110 | 6 |
| 7 | 0111 | 7 |
| 8 | 1000 | 8 |
| 9 | 1001 | 9 |
| 10 | 1010 | A |
| 11 | 1011 | B |
| 12 | 1100 | C |
| 13 | 1101 | D |
| 14 | 1110 | E |
| 15 | 1111 | F |

Fig. 62 Correspondencia entre los sistemas, decimal, binario y hexadecimal

Para convertir un número decimal a hexadecimal se procede de forma análoga a la conversión realizada cuando estudiamos el sistema octal, si bien ahora hay que dividir por 16 y seguir con atención los restos de la división, porque serán los que formen el número hexadecimal.

Por ejemplo, el número decimal 6.458 se correlaciona con la siguiente expresión en el sistema hexadecimal.

$$6.458:16 = 403,625$$

Reservamos la parte entera, 403, para la siguiente división, multiplicando la parte decimal por 16.

$$0,625 \times 16 = 10$$

Tengamos en cuenta que el sistema hexadecimal el dígito 10 corresponde a la letra A. Por tanto el primer resto es A.

Continuando con la operación

$$403:16 = 25,1875$$

Se reserva la parte entera, 25, y se opera con la parte decimal de la misma manera que antes.

$$0,1875 \times 16 = 3$$

3 sería el segundo resto.

Completemos la operación.

$$25:16 = 1,5625$$

$$\text{El resto es } 0,5625 \times 16 = 9$$

9 es el tercer resto.

La parte entera, 1, ya no es divisible por 16, por lo que es el cuarto y último resto de la operación.

El resultado sería, colocando los restos de izquierda a derecha, comenzando por el último:

$$193A_{16}$$

Es decir el número 6.458 en el sistema de numeración decimal corresponde en el sistema hexadecimal al número

$$6.458_{10} = 193A_{16}$$

Para la conversión recíproca, de sistema hexadecimal a decimal, se aplica la regla general de los sistemas de numeración posicionales, que vimos anteriormente, cuando hablamos de los sistemas octales.

Por ejemplo, el número hexadecimal

$$193A_{16}$$

corresponde en el sistema decimal con

$$193A_{16} = 1 \times 16^3 + 9 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + A \times 16^0 = 4.096 + 2.304 + 48 + 10 \times 1 = 6.458_{10}$$

La conversión del sistema hexadecimal al binario es parecida a la aplicada en la transformación del binario al octal.

En este caso, la asociación de bits se produce en grupos de cuatro, con las mismas particularidades que en el caso octal, es decir que se agrupan de derecha a izquierda y que el último grupo se completa con ceros a la izquierda del o de los dígitos hasta completarlo.

Por ejemplo, cambiemos la expresión binaria

100100011110101

al sistema hexadecimal.

Agrupemos en conjuntos de 4 bits, comenzando por la derecha

0101

1111

1000

0100

Habiendo completado el último grupo con un 0 a la izquierda.

Si comparamos con la tabla de correlación entre los sistemas decimal, binario y hexadecimal, tenemos que

0101 = 5

1111 = F

1000 = 8

0100 = 4

Luego la correspondencia del número binario con el sistema hexadecimal es

$$100100011110101_2 = 48F5_{16}$$

Recíprocamente el proceso es similar. Cada uno de los dígitos del sistema hexadecimal tendría una correlación su correspondiente binario.

Así, el número hexadecimal $193A_{16}$ correspondería en el sistema binario con

1= 0001

9= 1001

3= 0011

A= 1001

Por tanto

$$193A_{16} = 0001100100111001_2$$

Aplicaciones del sistema hexadecimal.

El sistema de numeración hexadecimal es de suma importancia en la aplicación digital y valoración de los colores.

Como sabemos cualquier color es la combinación de los tres colores primarios, rojo, verde y azul, que normalmente se conocen como R (*red*), G (*green*) y B (*blue*). Hablamos entonces del sistema RGB de color.

Dependiendo de la cantidad de color que se suma de cada uno de los primarios, se obtendrá uno u otro color.

En la industria audiovisual se trabaja con el sistema RGB (o variaciones del mismo, que se estudiarán en su momento) para codificar los colores que se utilizan o captan para convertirlos en una información de carácter digital. El sistema RGB ofrece información sobre la intensidad de cada color primario para conseguir el color que se desee. La intensidad de cada color varía de 0 a 255 , si es que hablamos de profundidad de color a 8 bits, concepto que veremos en otro capítulo. Decimos 8 bits y 256 valores, porque las combinaciones de 8 bits dan como resultado 256 valores (2^8 , *sistema binario*).

Para evitar representar cada valor con una palabra de 8 bits, se utiliza el sistema hexadecimal. De esta manera a cada color le corresponde un valor de seis dígitos, 2 por cada color primario, que como apuntamos anteriormente, cualquier color es la suma de las intensidades de cada color primario, RGB.

En el número hexadecimal correspondiente a cada color de los 256 conseguidos por la asociación de los tres básicos, los dos primeros dígitos corresponden al rojo, los dos segundos dígitos al verde y los dos últimos al azul.

Así el color



Fig.63 Color expresado en numeración hexadecimal.

31cdc7 correspondería a la mezcla de los tres primarios con las siguientes proporciones:

Rojo= 31

Verde = CD

Azul = C7

No olvidemos que estamos hablando de una expresión hexadecimal cuya correspondencia con el sistema decimal es

$$\text{Rojo (31)} = 3 \times 16^1 + 1 \times 16^0 = 49$$

$$\text{Verde (CD)} = C \times 16^1 + D \times 16^0 = 12 \times 16 + 13 \times 1 = 205$$

$$\text{Azul (C7)} = C \times 16^1 + 7 \times 16^0 = 199$$

Es decir, 49 de rojo, 205 de verde y 199 de azul.

La expresión en binario sería

$$31CDC7_{16} = 001100011100110111000111_2$$

Y correspondería al color de la figura 62.

Lo que indica la importancia y funcionalidad de trabajar con sistemas de numeración hexadecimal de cara a simplificar largas expresiones binarias.

| Color | Hexadecimal | Color | Hexadecimal |
|--------|-------------|-------|-------------|
| cyan | #00ffff | black | #000000 |
| gray | #808080 | green | #008000 |
| navy | #000080 | olive | #808000 |
| silver | #c0c0c0 | teal | #008080 |

| Color | Hexadecimal | Color | Hexadecimal |
|--------|-------------|--------|-------------|
| blue | #0000ff | fucsia | #ff00ff |
| lime | #00ff00 | marrón | #800000 |
| purple | #800080 | red | #ff0000 |
| white | #ffffff | yellow | #ffff00 |

Fig. 64 Diferentes colores con su expresión hexadecimal.








| Notaciones RGB | | |
|----------------|---|---------------|
| hexadecimal | | decimal |
| #A52A2A |  | 165, 42, 42 |
| #DEB887 |  | 222, 184, 135 |
| #5F9EA0 |  | 95, 158, 160 |
| #7FFF00 |  | 127, 255, 0 |
| #D2691E |  | 210, 105, 30 |
| #FF7F50 |  | 255, 127, 80 |
| #6495ED |  | 100, 149, 237 |

Fig. 65 Colores expresados en sistema hexadecimal y decimal respectivamente.

10.2.3 Imágenes

Las imágenes también se representan por patrones de bits. Están compuestas por una matriz de píxeles, denominados también *picture elements*. Cada pixel es un pequeño punto, dependiendo la resolución de la imagen del tamaño del píxel.

En el caso de que la imagen se requiera con gran resolución, el tamaño de los píxeles es mucho menor en comparación con otra de menos calidad, lo que lleva consigo un número mayor de píxeles en la imagen y por tanto más capacidad de memoria para almacenarla.

Cada píxel de la imagen tiene, por tanto, un patrón de bits, y depende de la profundidad de color, es decir, de la capacidad de la imagen para representar una extensa gama de colores que el patrón de bits sea mayor o menor.

Por ejemplo una imagen que solo contenga blanco puro y negro puro solo necesitará un patrón de 1 bit, ya que uno de los dos dígitos, 0 y 1, representará el blanco y el otro el negro.

Si a esta imagen queremos añadir una sencilla carta de grises, con dos tonalidades, gris claro y gris oscuro, entonces podremos representar los valores del píxel en con un patrón de 2 bits. 00 representa el negro, 01 el gris oscuro, 10, el gris claro y 11 el blanco.

Así sucesivamente, hasta conseguir patrones de 8 bits, 10 bits, 12 bits, etc. Es lo que llamamos profundidad de color de la imagen.

Durante el proceso de captación y grabación de la imagen se produce una etapa de conversión analógico a digital, representada como etapa A/D, en la que los sensores captadores de la luz, presentes en la cámara convierten la energía luminosa, los fotones, en corriente eléctrica, electrones, proceso que permite, si se desea, la emisión del evento en tiempo real, gracias a la intervención de ondas electromagnéticas encargadas del transporte de señal.

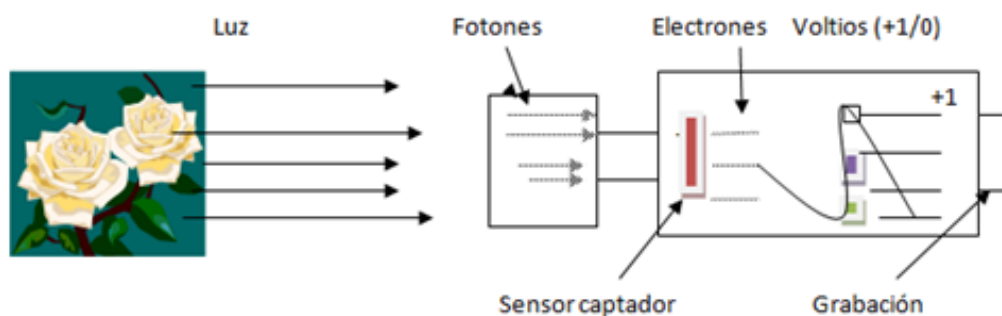


Fig.66 Proceso de conversión de energía luminosa en energía eléctrica en una cámara de video.

El sensor de la cámara está dividido en un número determinado de elementos electrónicos fotosensibles, conocidos como fotodiodos electrónicos, colocados en forma de rejilla y que anticipan los píxeles que conforman la imagen final.

La intensidad lumínica alta, correspondiente a los blancos de la escena, alcanza el valor más alto en la corriente eléctrica generada, mientras que una intensidad lumínica muy baja, correspondiente a los negros de la escena, genera un valor muy bajo en la corriente. Entre esos dos extremos se sitúan cuantos valores de grises y/o colores queramos reproducir.

En la generación de corriente eléctrica el proceso se encuentra, aún, en la etapa analógica. La conversión de cada valor de la corriente generada en un patrón de bits introduce la etapa digital. El dispositivo que realiza tal función se conoce como conversor analógico/digital.

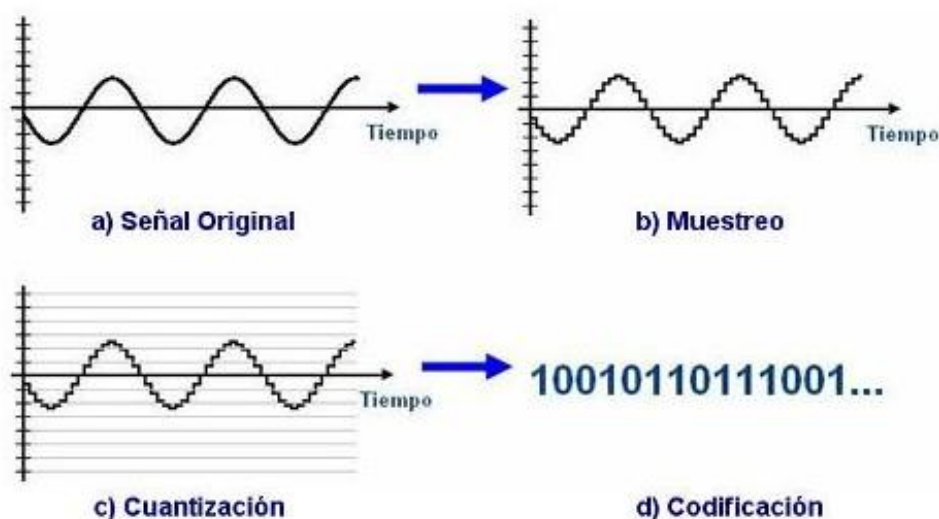


Fig. 67. Etapa de conversión analógico a digital

Al cuantificar las muestras de señal, si éstas ofrecen un rango determinado de valores de corriente eléctrica, será preciso, por tanto, un patrón de bits adecuado al rango de valores analógico generado para convertir los datos obtenidos en el sistema decimal a los correspondientes en el sistema binario.

Cuando decimos que estamos trabajando con una cámara que proporciona profundidad de color a 8 bits, estamos expresando que el sensor de dicha cámara puede reproducir hasta 256 niveles de color (o grises si la producción es en blanco y negro) ya que la progresión del sistema binario está basada en las potencias de 2, y 2^8 da como resultado 256.

Es decir que un patrón de 8 bits presenta una profundidad de color de 256 niveles, un patrón de 9 bits 512 niveles o gama de colores ($2^9 = 512$) y una profundidad de color de 10 bits, entrega una gama de 1.024 gamas de color. Así

sucesivamente. Las cámaras digitales de última generación prometen 4.092 niveles (patrón de 12 bits)

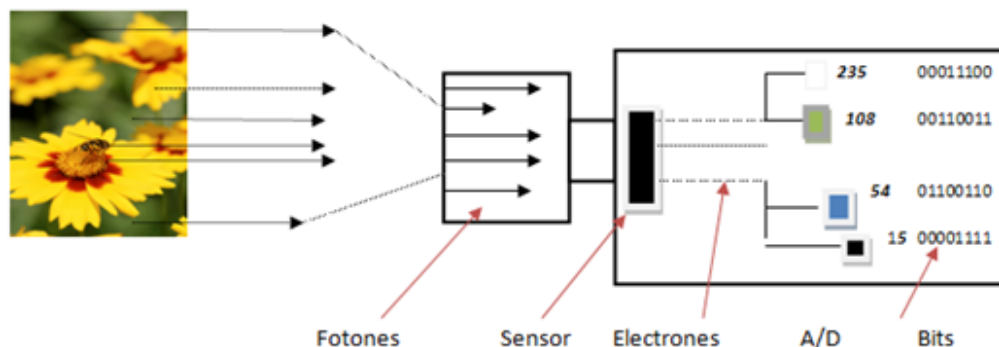


Fig. 68. Conversión A/D y profundidad de color en una cámara de video.

El compromiso adquirido en el entorno digital HDTV fija una profundidad de color de 8 bits por cada canal RGB.

Por tanto, los valores se extienden desde el blanco puro (00000000) primer nivel hasta el negro puro (11111111) perteneciente al nivel 255.

El número de colores (puros, saturados, tonos intermedios, etc) que es capaz de reproducir el estándar HDTV será por tanto

$$256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$$

al tratarse de 3 canales, uno R, otro G y el tercero B

Audio

El audio es por naturaleza distinto del texto, los números o las imágenes. El audio es continuo, no discreto.

El estándar de audio AES5, creado por la *Audio Engineering Society*, y destinado a la reproducción de audio en entornos profesionales, especifica frecuencias de muestreo de señal hasta 192 kHz con una profundidad de hasta 32 bits, si bien la recomendación se centra en 16/24 bits.

Este dato indica la riqueza sonora que proporciona el estándar, trabajando con patrones de hasta 32 bits, y por consiguiente, ofreciendo una gama de audio de grandes dimensiones.

Sin embargo, en la industria el estándar se reduce debido al coste que tendrían los dispositivos capaces de reproducir una profundidad de audio de 32 bits.

Así, por ejemplo, los CDs de audio utilizan una frecuencia de muestreo de 44,1 Hz y una profundidad de 16 bits.

Un compromiso similar se ha adoptado para las cintas de audio digital DAT con frecuencias de muestreo parecidas al CD y codificación también a 16 bits.

El formato de audio WAV propiedad de Microsoft e IBM, acepta la norma AES5 y ofrece 24 bits de profundidad.

11 Flujos de datos

La comunicación entre dos dispositivos puede ser

- **Simplex**
- **Semiduplex**
- **Full-Duplex**

En el **modo simplex** la comunicación es unidireccional. Tan solo uno de los dos dispositivos puede transmitir, mientras el otro se limita a recibir.

Los teclados y los monitores, la CPU y el monitor, o la radiodifusión de televisión desde un centro nodal emisor hasta las pantallas de televisión en los hogares son ejemplos de una conexión simplex.

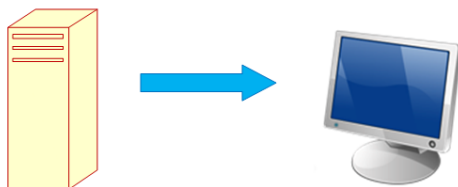


Fig.69 Conexión simplex entre dos dispositivos.



Fig. 70 Otro ejemplo de conexión simplex.

En la comunicación **semi-dúplex** cada dispositivo puede tanto transmitir como recibir, pero no al mismo tiempo..

Cuando un dispositivo envía datos el otro se limita a recibir y viceversa.

Es decir, mientras los datos de un dispositivo van en una dirección los datos correspondientes al otro dispositivo deben de esperar.

En este tipo de comunicación la capacidad total del canal es usada alternativamente por el dispositivo que transmite.

El modo semiduplex se usa cuando la comunicación entre los dos puntos no es necesariamente simultánea.

También se la conoce como *half-duplex*.

Los walkie-talkies y las radios de banda ciudadana CB son ejemplo de comunicaciones semiduplex.



Fig.70 Radio CB que comunica a través de enlace half-duplex

El modo **full-duplex**, también conocido como dúplex, es un sistema de transmisión de datos en el cual ambos dispositivos envían y transmiten simultáneamente.

En este tipo de comunicación la capacidad del enlace debe de ser compartida por las dos señales que viajan simultáneamente en ambas direcciones.

Por tanto, la capacidad del canal ha de ser compartida al 50% o bien es preciso generar una segunda vía de comunicación, con la misma capacidad que el canal original, de tal manera que las comunicaciones entre ambos dispositivos viajen cada una de ellas simultáneamente por cada una de las dos vías puestas a disposición de la transmisión.

Un ejemplo de comunicación full-dúplex es la red telefónica. Cuando dos puntos entablan una comunicación, ambos puntos pueden hablar y escuchar a la vez.

Este tipo de enlace abunda en el mundo de las telecomunicaciones, como por ejemplo la comunicación entre las cámaras de plató y el control de realización en un estudio de televisión o las cámaras desplegadas en un evento deportivo o institucional y la unidad móvil de producción.



Fig.71. Entrevista en exterior natural multicámara. Ejemplo de conexión full dúplex

Como vemos la imagen, los operadores de cámara reciben órdenes de la Unidad Móvil a la vez que responden a los requerimientos del realizador (full dúplex de audio) mientras que simultáneamente se envía video y audio desde cada de las cámara a la Unidad de Control de Cámara (CCU) de la Unidad Móvil y ésta envía señal de Programa (video y audio) a cada cámara para la posible monitorización de la señal (full dúplex de audio y video)

12 Transmisión de datos: protocolos y estándares.

En las redes de computadoras, el intercambio de información entre terminales y su conexión se realiza entre distintos organismos y sistema de computación.

Un terminal, o dispositivo, o entidad informática, es cualquier dispositivo capaz de enviar y recibir información. Pero para que dos terminales en el proceso de comunicación puedan entenderse es imprescindible que sus respectivos lenguajes sean asimilados y comprendidos por ambas partes, es decir, deben de estar de acuerdo en un protocolo común..

Un protocolo es un conjunto de procedimientos que administran, normalizan y fijan los términos de la comunicación y transmisión de datos en una red informática. Un protocolo define como es el proceso de comunicar, que tipo de datos se han de intercambiar y en que momento se ha de realizar la transmisión.

Los componentes fundamentales de un protocolo son:

- **Sintaxis.** Se refiere a la estructura del formato de datos, es decir, a la manera, forma en que se han de presentar.
- **Semántica:** hace referencia al significado de cada sección de bits.
- **Temporización.** Determina dos particularidades. La primera, cuando se deberían de enviar los datos y la segunda con que velocidad. Ambas complementarias y de enorme valor.

Por ejemplo. Un protocolo podría determinar que los ocho primeros bits de datos correspondieran a identificar al emisor, que los ocho bits siguientes tuviesen el objeto de identificar al destinatario y los demás bits partir del 16 fuesen un flujo de datos correspondiente al mensaje o información. Todo ello competería a la sintaxis.

Pero, ¿una dirección de 8 bits identifica el camino que ha de recorrer el mensaje, o identifica al emisor? Como se descifra cada modelo y que decisión de toma en base a deducción, corresponde a la semántica.

Por último, si un terminal está generando un flujo de bits en torno a los 150 Mbps, pero el dispositivo destino de ese flujo solo procesa a 2 Mbps, la

transmisión colapsará al terminal destino y se perderá mucha información. Adecuar la transmisión y los medios de conexión a las particularidades de cada modelo, corresponde a la temporización.

Estándares

Los estándares son primordiales para establecer una correlación entre los desarrolladores de hardware y software en diferentes partes del mundo. Este asunto es de gran importancia, pues es preciso asegurar una compatibilidad de operación entre todos los fabricantes de sistemas y equipos, trabajando muy de cerca con los operadores de telecomunicaciones. El conjunto, ha de ser coherente, flexible, práctico, accesible y seguro.

Los estándares de trabajo, que son normalizados por las correspondientes organizaciones internacionales, proveen de las normas y de las guías que hacen posible que las redes, dispositivos, protocolos y medios de conexión se entiendan e intercambien información en forma de datos, con rapidez y fiabilidad.

Los estándares que no han sido refrendados por organismos internacionales, pero sin embargo si lo han sido por la industria, se denominan estándares de facto, en contraposición a los estándares de jure o regulados que han sido legislados por un organismo oficialmente reconocido.

Los más importantes instituciones encargadas de regularizar y desarrollar estos patrones comunes de desarrollo y ejecución son, entre otros, los siguientes:

- ISO (International Organization for Standardization)
- IUT-T. (International Telecommunication Union-Telecommunication Standard Sector), antiguo CCITT.
- ANSI (American National Standards Institute)
- IEEE (Institute of Electric and Electronics Engineering)
- EIA (Electronic Industries Association)

Además de estas entidades internacionales, hay que considerar como piezas clave en el desarrollo de estándares comunes y universales a los *foros de conocimiento*, entidades privadas y puntos de encuentro e intercambio de experiencia y conocimiento, creados y potenciados por las empresas de desarrollo e industria del sector, con el fin de agilizar la aplicación de los logros y conclusiones alcanzados en ellos a los modelos de trabajo, procedimientos y tecnología, además de alcanzar acuerdos que faciliten los procesos de estandarización, objetivo que trata de acelerar la consabida lentitud de los organismos oficiales. Estos foros se componen de destacados miembros de la industria, así como representantes de importantes empresas vinculadas con el desarrollo de tecnología. Los foros trabajan de cerca con usuarios, instituciones privadas y universidades, para poner en el mercado nuevas tecnologías que posibiliten eficientes avances en la materia. Una vez que ha sido testada adecuadamente la tecnología puesta a prueba, presentan sus informes a los

organismos de estandarización para la aprobación y consolidación definitiva del producto.

Los estándares de Internet son definiciones de producto validas por la experiencia e industria, que son de utilidad general para aquellos que desarrollan su labor en la red. Se trata de una regularización formalizada que debe de ser aceptada e implementada por todos los que trabajan en la red de redes global. Son muchos y variados, así como rigurosos y validados por la experimentación, los trámites por los cuales una especificación y/o aplicación obtiene el estándar de Internet. El proceso comienza con un borrador o **draft de Internet**, que es un documento de trabajo sin ningún tipo de verificación oficial y con un tiempo de actuación de 6 meses. Con la autorización de las autoridades que regulan Internet, este draft se puede publicar como un Request for Comment (RFC), el cual es editado y puesto a disposición de todas las partes. Los RFC pasan por procesos de consolidación antes de obtener el status de estándar. La figura nos muestra un documento que hace referencia a un draft de Internet.

```
dnsext
Internet-Draft
Intended status: Experimental
Expires: July 31, 2011

C. Contavalli
W. van der Gaast
Google
S. Leach
VeriSign
D. Rodden
Neustar
January 27, 2011

Client subnet in DNS requests
draft-vandergaast-edns-client-subnet-00

Abstract

This draft defines an EDNS0 extension to carry information about the
network that originated a DNS query, and the network for which a
reply can be cached.

Status of this Memo

This Internet-Draft is submitted in full conformance with the
provisions of BCP 78 and BCP 79.

Internet-Drafts are working documents of the Internet Engineering
Task Force (IETF). Note that other groups may also distribute
working documents as Internet-Drafts. The list of current Internet-
Drafts is at http://datatracker.ietf.org/drafts/current/.

Internet-Drafts are draft documents valid for a maximum of six months
and may be updated, replaced, or obsoleted by other documents at any
time. It is inappropriate to use Internet-Drafts as reference
material or to cite them other than as "work in progress."

This Internet-Draft will expire on July 31, 2011.
```

Fig72. Ejemplo de draft de Internet.

12.1 Modelo OSI

Se trata del patrón de protocolo de capas. El objetivo prioritario de este tipo de protocolos es definir con exactitud cuales son los cometidos de cada capa del modelo, en lo que se refiere a transporte de datos. Además ha de ser capaz de distinguir y distribuir armónicamente cada una de las funcionalidades en conjuntos de capas distribuidas jerárquicamente, desde un nivel superior a uno inferior, de tal manera que cada estrato realice una labor distinta, independiente y prioritario en su rango de actuación, aunque con una dependencia respecto de las capas inferiores que convierta al conjunto de la operación en una operación coordinada y completa. En algunos casos, dependiendo de la complejidad de la transmisión entran en juego todas las capas, y en otros de menor dificultad solo lo hacen algunas de ellas.

En la actualidad, la mayoría de los protocolos de transferencia de datos que se han puesto en funcionamiento, usan un sistema basado en una arquitectura de capas, con los mismos objetivo y dependencias que hemos visto anteriormente. Cada una de las capas en el ámbito de la emisión se intercomunica con su homóloga en el de entorno del dispositivo de recepción, mediante el desarrollo y normas que marca un determinado protocolo de actuación, a pesar de que en realidad, la comunicación se lleva a cabo gracias al soporte que brindan las dos capas inferiores del sistema tanto en la transmisión como en la recepción.

La comunicación entre la capa ***n*** y la capa ***n-1*** se conoce como interfaz de capas. Cada capa del sistema entrega sus funciones y servicios a la capa inmediatamente superior y utiliza el soporte y funciones de la inmediatamente inferior, de tal manera que los datos fluyen de una a otra capa verticalmente, y de manera horizontal cuando se produce la transmisión entre dispositivos, desde los niveles más inferiores, correspondientes a la fuente emisora y a la receptora o destinataria de la información.

El modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) define con detalle las competencias que han de soportar prácticamente todos los protocolos con los que se trabaja hoy en día, de manera que sea posible abarcar todos los aspectos de las redes de comunicación que existen en el mundo. Es un sistema abierto (Open System) ya que permite que dos sistemas distintos con arquitecturas diferentes se puedan comunicar entre sí sin necesidad de actuar sobre la lógica del hardware o intervenir sobre el software asociado. Por tanto, cuando hablamos del modelo OSI no nos estamos refiriendo únicamente a un determinado protocolo sino más bien nos referimos con mayor exactitud a un prototipo, cuyo objetivo primordial es de interpretar, diseñar y convertir en efectiva un modelo de red que sea flexible en cuanto a su versatilidad, operación, fortaleza, fiabilidad y seguridad. Un sistema abierto hace posible la interconexión entre todo tipo de máquinas o terminales de computación, de tal forma que se puedan establecer estándares mundiales de diseño e interconexión que sean de aplicación a todos los demás los protocolos de datos, de manera que hagan posible que todos y cada uno de los equipos que se ponen en el mercado sean compatibles entre sí. Como se puede apreciar este objetivo es de suma importancia para el mundo de las comunicaciones de nuestros días.

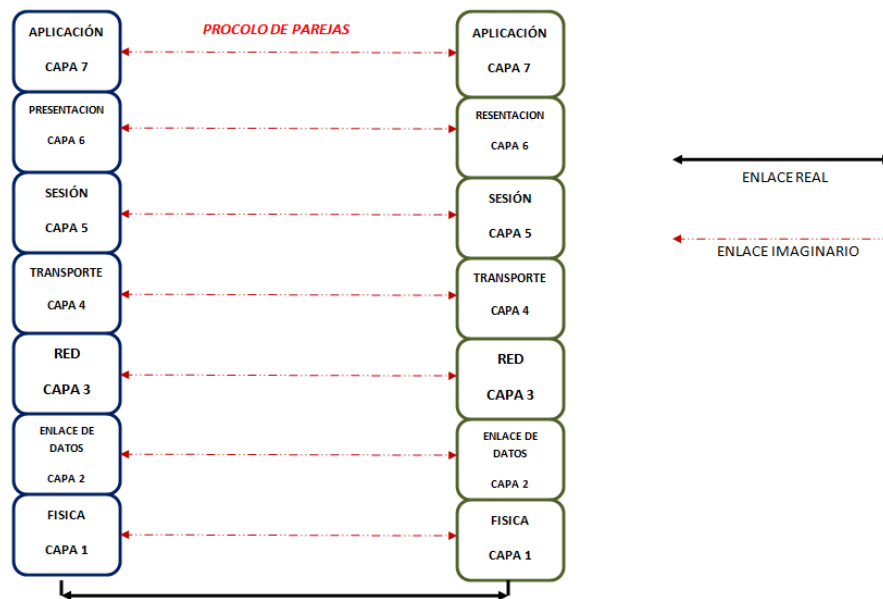


Fig. Modelo OSI

Cada una de las capas se puede valorar como un programa que se relaciona con la capa del mismo nivel en el extremo de la recepción. Las normas que rigen esta comunicación en cada nivel son los protocolos de cada capa.

Los protocolos de cada capa se definen por tres conceptos de suma importancia:

1. **Sintaxis.** Determina el formato de los datos así como los niveles eléctricos de las señales.
2. **Semántica.** Especifica la información relativa a la coordinación del enlace, así como el manejo y control de los errores generados en la comunicación y envío de tramas.
3. **Temporización.** Fija la sincronización entre el emisor y el receptor para la correcta detección de los bits que forman parte de las tramas. También delimita la articulación de las tasas de flujo en la transmisión de datos, así como las secuencias que han de producirse en el envío de paquetes de información.

La información fluye verticalmente desde las capas superiores hacia las inferiores en la estructura de emisión y, se manera inversa, verticalmente, desde los niveles inferiores a las capas superiores en el ámbito de la recepción.

El *workflow* se basa en una sucesión de envíos entre las distintas capas en cada uno de los sistemas participantes en la telecomunicación, es decir, emisor y receptor, que van pasando la información de unas a otras. Por ejemplo, cuando un programa de la capa de aplicación en el nivel 7 en la computadora A quiere transmitir un mensaje a la capa correspondiente en el nivel 7 de la computadora B, se produce un tránsito de información vertical entre las capas de la máquina de cómputo A, de tal forma que la capa 7 **aplicación** pasa la información a la capa 6 **presentación**; esta capa añade al mensaje un encabezado que contiene información de control que es propiedad de esta capa en concreto, transfiriendo

el mensaje a la capa inferior, nivel 5, capa de **sesión** la cual suma su propio encabezado antes de entregar a la capa 4 transporte la información, la cual añade su encabezado y traslada el mensaje a la capa 3 red, que hace lo propio y traspasa el mensaje a la capa 2 enlace de datos que continua con el proceso de la misma manera, añadiendo su encabezado antes de ceder la información definitivamente a la capa 1 física, donde se produce la comunicación real entre las dos computadoras.

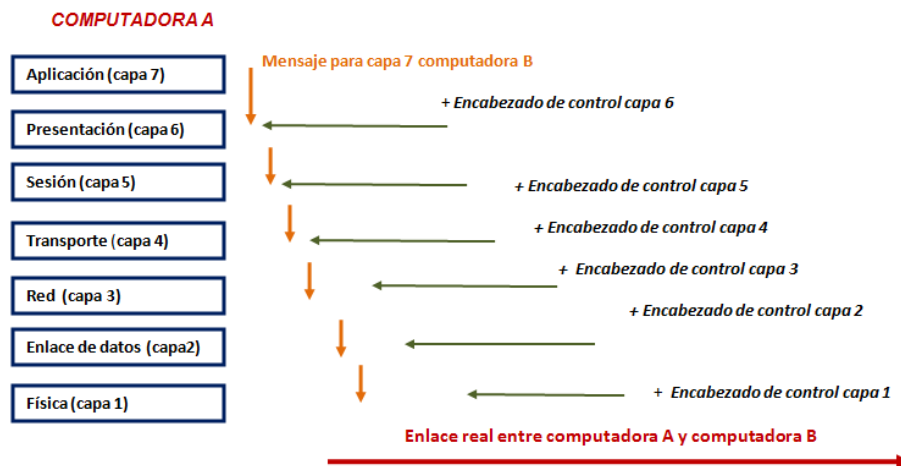


Fig Sucesión de encabezados de control por capas en el modelo OSI

La independencia de cada capa en cuanto a diseño y programación de cada una de ellas garantiza que los avances tecnológicos que puedan implementarse en los programas y protocolos correspondientes a cada nivel no afecten ni influyan en la funcionalidad de las demás capas. Un requisito básico para el diseño de redes de comunicación y en la aplicación de nuevas tecnología de transmisión.

Por su enorme importancia en la sociedad de la información de hoy en día, así como su implicación en los capítulos dedicados a transmisión de datos en este trabajo, veremos con más detalle el modelo OSI más adelante

12. REDES

Una red es un conjunto de dispositivos conectados entre sí mediante enlaces físicos, poniendo en valor los diferentes modos de comunicación entre puntos vistos anteriormente.

A los dispositivos de la red, en algunas ocasiones, se les conoce como nodos, aunque este término hace más bien referencia a la posibilidad de que un determinado dispositivo sea capaz de comunicarse con más de un dispositivo a la vez. Por tanto un nodo es un punto de intersección o conexión de diferentes componentes de la red que convergen en él. En capítulos posteriores analizaremos varios tipos de nodos de comunicaciones, dedicados al tránsito, contribución y distribución de señales de televisión mediante radioenlaces terrestres, denominados estaciones nodales y Centros Nodales. Algo que podemos aplicar al MCR de un IBC como veremos en su momento.

Por tanto, una red es también un conjunto de nodos interconectados.

En una red de computadoras cada máquina es considerada como un nodo, desde el momento que cada una de ellas puede transmitir y recibir datos de cualquiera de las otras estaciones de la red. En una red terrestre, cada estación nodal o Centro Nodal es considerada con las mismas características y funciones.

Las redes emplean el concepto de *procesamiento distribuido*, que se define como la posibilidad de interconectar entre sí varias estaciones de computación, logrando que un solo cometido de procesamiento de datos pueda ser procesado y ejecutado entre varias máquinas de la red.

Es decir, en lugar de usar una máquina con una gran capacidad de proceso que es además responsable de todos los aspectos relacionados con la computación, cada estación de la red se hace cargo de parte del desarrollo del cometido.

La colaboración entre las máquinas o terminales participantes en el sistema de procesamiento distribuido puede ser tan sencilla como repartir la carga de trabajo en el caso de procesos únicos, hasta la complejidad de que cada estación asuma procesos distintos, interdependientes entre sí.

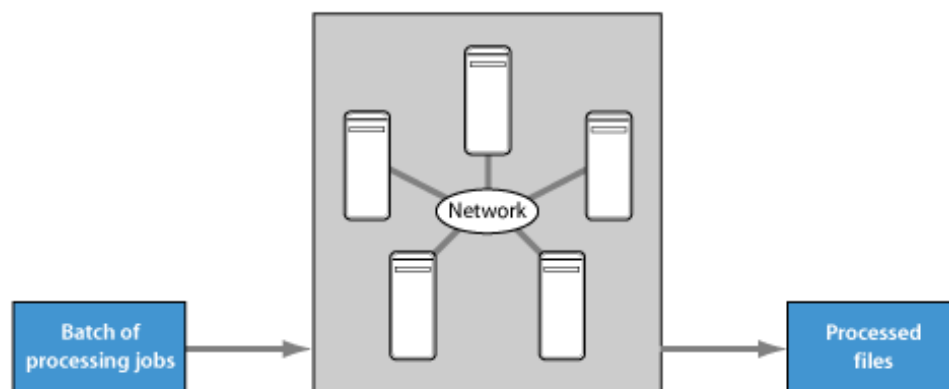


Fig.72 Flujo de trabajo en un sistema de procesamiento distribuido.

El procesamiento distribuido acelera las tareas relativas al proceso, al poder distribuir el trabajo entre varias estaciones seleccionadas. El administrador de red puede enviar varios *lotes* (*batch*) de tareas al sistema de procesamiento distribuido, asignando las tareas a las máquinas correspondientes de la manera más eficaz posible. Se considera un *lote* a una o varias tareas enviadas simultáneamente para su procesamiento.

Para que una red sea considerada efectiva y eficaz, debe de cumplir al menos los requisitos de rendimiento, fiabilidad y seguridad.

13.1. Rendimiento

Podemos medir de varias formas el rendimiento de una red a través de ciertos parámetros físicos, que deben de incluir el número de usuarios conectados, el modo y el canal de enlace aplicado a la transmisión, así como la calidad y capacidad del hardware destinado al proceso o la complejidad del software empleado.

Además de los anteriores parámetros, hay que considerar dos factores de gran transcendencia para determinar el rendimiento y eficiencia del sistema. Estos son, el tiempo invertido en el transporte de datos y el tiempo empleado en la respuesta.

Como ya sabemos, la tasa de transferencia se refiere a la velocidad con la que la red puede transferir información, no solo en la empleada en el procesamiento de la información, sino en la capacidad del enlace, en la gestión de la red, así como en la velocidad con que los datos son recuperados y procesados en la recepción. Un concepto asociado al tiempo empleado en el proceso y en la demora que significa que los datos viajen a través del medio desde un dispositivo al siguiente.

El tiempo de respuesta es el transcurrido entre una petición y la respuesta que la red tarda en dar curso a la misma.

Como vemos son dos factores que distinguen a una red, ya que el valor de ambos determina la cualidad de la misma.

El rendimiento puede ser cuantificado gracias a dos principios puramente físicos, como son el ancho de banda y la latencia.

A menudo se considera como ancho de banda la capacidad de transferir información a través de un canal de comunicación. El concepto de latencia está relacionado con el tiempo que tarda un bit en viajar de un punto a otro de la red.

Ambos valores son contradictorios entre sí, ya que es posible aumentar el ancho de banda y por tanto enviar más información por la red, pero al mismo tiempo este hecho aumenta la latencia al aumentar el tráfico y con ello generar problemas de congestión.

13.2 Fiabilidad

Se trata de un valor de enorme transcendencia ya que mide la frecuencia de errores en la red, además del tiempo de recuperación frente a los fallos que se produzcan en el envío.

Por otra parte, otro factor a tener en cuenta es la fortaleza de la red ante los daños que se producen en situaciones de desastre, en los cuales las infraestructuras caen o se debilitan. Ese es un momento en el cual es más necesario que la red actúe con mayor fiabilidad, ya que las labores de salvamento y coordinación, así como todas aquellas de carácter humanitario y las correspondientes a los trabajos de recuperación del entorno frente la devastación, se sustentan en el vigor y firmeza de la red. Veremos su importancia cuando hablemos de las satélites de última generación en Banda Ka.

El concepto que subyace en el término fiabilidad en una red, está relacionado con su capacidad para realizar una tarea específica. Por esta razón, se considera la fiabilidad más una propiedad cualitativa más que cuantitativa. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, más que teórico, es más determinante disponer de un índice cuantitativo que cualitativo, especialmente cuando se quieren comparar la eficiencia de varias redes entre sí cuando se han ejecutado tareas que provienen de acciones tomadas en función de la fiabilidad de un sistema. s. En realidad, cuantificar la capacidad de cualquier sistema, es encontrar el dato numérico para designar al mismo como más o menos fiable. Los datos extraídos de la experiencia, la relación disponibilidad/error durante un periodo de tiempo concreto, ofrecen un resultado cuantitativo para expresar un concepto cualitativo.

La fiabilidad de una red de comunicaciones es la magnitud que pondera la disponibilidad de la misma, y establece la relación anteriormente mencionada con el error. La medida de la fiabilidad del servicio ha de tener dos funciones. Por una parte el registro de eventos pasados y por otra la predicción de la fiabilidad. El cálculo de índices de fiabilidad tiene como objetivo determinar el comportamiento que tendrá la red, además de dar soporte conceptual a la hora de la toma de decisiones respecto a las posibles modificaciones a emprender en la adecuación de los elementos y dispositivos que componen la red y su topología.

13.3. Seguridad

Una red de comunicaciones es más o menos segura en función del valor de dos parámetros, como son la protección de datos frente a accesos no autorizados y la protección de datos frente a errores y fallos del sistema.

Entre los aspectos que atañen a la seguridad habría que considerar el hecho los usuarios de la red puedan ejercer la voluntad de acceder a la misma e interactuar con otros usuarios de manera estable y segura.

Son tres los elementos claves de seguridad de una red: disponibilidad, integridad y privacidad.

Gracias a los avances tecnológicos, los administradores de red tiene una serie de herramientas que les permiten aplicar protocolos que blinden la red a nivel de seguridad, previendo las consecuencias de ataques intencionados e impidiendo que estos se produzcan y fortaleciendo las defensas de la red..

Un correcto análisis sobre el el nivel de riesgo de la red es imprescindible para poder tomar las medidas oportunas en cuanto a los mecanismos de control y medidas de seguridad que reduzcan el impacto que podría ocasionar un problema relacionado con la seguridad.

La responsabilidad que recae sobre la seguridad del sistema es de enorme transcendencia, ya que debe de garantizarse estabilidad en la operación cotidiana y tener un estricto control sobre aquellos procesos que se producen en el corazón del sistema, que son la estructura sobre la que se sostiene el complejo entramado de la red.

Por consiguiente, es de suma importancia identificar y documentar los principales activos de la red, tales como sistemas operativos, aplicaciones y desarrollos, bases de datos, procesos, etc. Además es primordial identificar los puntos débiles del sistema para trabajar en pos de reforzar las medidas de

seguridad. Deben de cuantificarse los posibles riesgos por orden de importancia, ya que el protocolo de seguridad que ha de ser implementado ha de afectar lo menos posible al regular funcionamiento de la red.

Por ejemplo, una red informática cuenta con una serie de programas de seguridad que la protegen frente a amenazas que provengan de entornos exteriores. Uno de esos programas asociados a la seguridad son los sistemas **anti-spam** que delimitan el tipo de contenido que viene asociado al correo electrónico, definiendo protocolos de entrada y salida de información a la red.

Otro dispositivo de seguridad es el denominado como **Firewall**, que permite controlar el acceso definiendo niveles de seguridad. Firewall permite aislar redes dentro del mismo entorno de red, para impedir que cierta información fluya con libertad por ella. En realidad actúa como un filtro que controla y supervisa todas las comunicaciones y accesos que se producen en la red donde este dispositivo ha sido implementado.

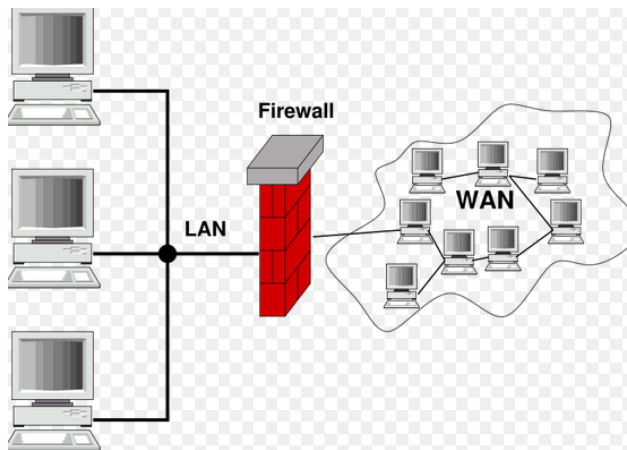


Fig. 73 Función del dispositivo de seguridad Firewall en la interconexión entre una red LAN y otra WAN.

Los dispositivos **IDS** (*Intrusion Detection System*) son detectores de intrusos que advierten de posibles ataques a la red, pudiendo bloquear automáticamente la entrada de un usuario no identificado o sospechoso.

Entre los programas y dispositivos de seguridad en redes de computación hay que mencionar a los antivirus, software especializado en la detección y destrucción de virus informáticos.

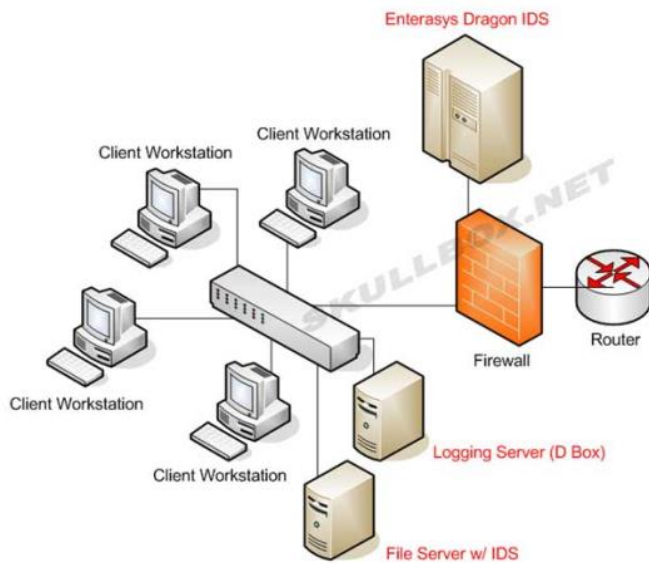


Fig.74 Diseño de red con Firewall e IDS integrados

14 Atributos de red y estructuras físicas.

14.1. Tipos de conexiones entre dispositivos.

Una red se estructura en base a una serie de dispositivos conectados entre sí a través de determinados canales de transferencia de datos y cuyas principales características son puramente físicas.

A este medio de comunicación –o *telecomunicación*- se le denomina enlace, que es el responsable de transmitir datos de un punto a otro de la red, bien sea uniendo dispositivos entre sí, como también dispositivos con nodos, o nodos con otros nodos. En definitiva, son muchas las combinaciones que se puedan dar en la configuración de una red, pero todas ellas han de responder positivamente a la forma en que se ha diseñado la arquitectura de red. Lo importante, en todo caso, es que los diferentes dispositivos estén conectados a los enlaces que los unen en la práctica, el concepto conocido como backbone.

Las conexiones entre dispositivos pueden ser de dos maneras:

- Punto a punto
- Multipunto.

14.2. Punto a punto:

Una conexión punto a punto ofrece un enlace dedicado entre dos dispositivos, reservando toda la capacidad del enlace para la transmisión entre ambos

Existen muchas variantes en redes y telecomunicaciones para unir dos puntos bajo esta técnica de conexión. Puede ser mediante un cable, tal y como se unirían dos estaciones de trabajo o computadoras, aunque también es posible unir dos puntos mediante una fibra óptica, o puede establecerse un enlace punto a punto a través de enlaces microondas o incluso mediante una red satelital.

Como vimos en su momento, al estudiar la comunicación entre dispositivos, una comunicación punto a punto half-dúplex requiere de un enlace que una los dos nodos, alternando la capacidad del canal de comunicación alternativamente en cada uno de los sentidos del enlace. En una comunicación punto a punto full-dúplex se precisan dos canales o enlaces independientes uno en cada sentido de la conexión para que las dos señales puedan transmitirse al tiempo, o como alternativa a esta estructura de enlace, también sería posible modular cada portadora en distinta frecuencia para viajar simultáneamente por el mismo medio de comunicación, en modo multiplexado.

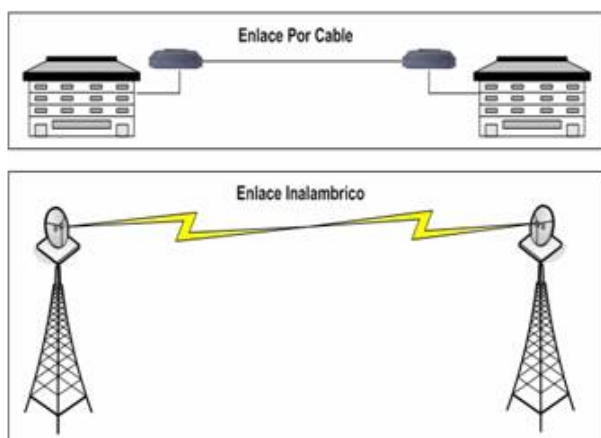


Fig. 75 Enlace punto a punto mediante cable o fibra e inalámbrico.

La conexión punto a punto permite extender las redes locales (LAN) a otras, interconectándolas y creando así redes de mayor tamaño, pero asegurando un ancho de banda en la conexión para esta arquitectura sea factible. Este tipo de conexión es muy utilizada en producción de televisión para interconectar las corresponsalías y delegaciones con el centro de producción principal. También se unen punto a punto el Control Central (MCR) de la televisión (o radio) con el Centro Nodal del operador de red, como por ejemplo, Torrespaña para que el MCR pueda recibir señales procedentes de cualquier lugar del mundo, mientras en la dirección opuesta del enlace, Control Central a través de esta conexión

punto a punto full-dúplex entrega la emisión al operador, encargándose éste de su radiodifusión.

Los enlaces punto a punto cobran especial importancia para las grandes empresas que poseen computadoras en sus sucursales y necesitan una conexión permanente con ellas de manera rápida, fiable y segura.

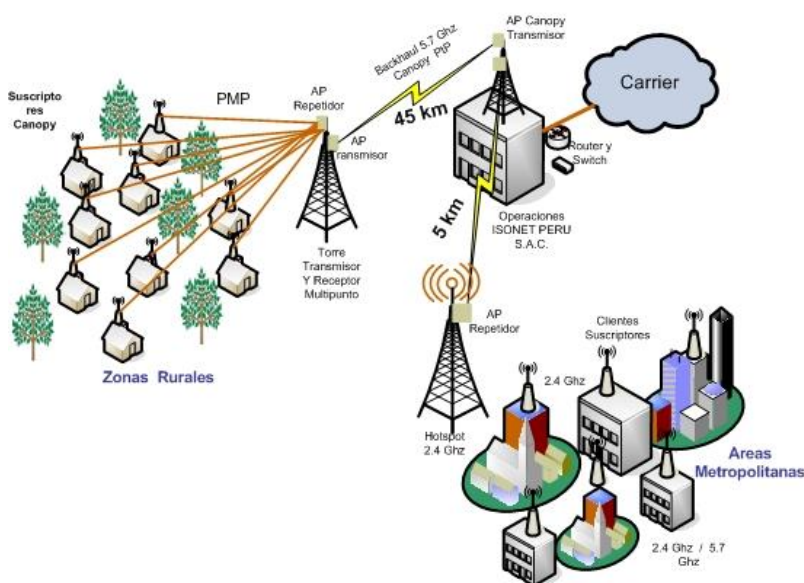
14.3. Multipunto

Es un tipo de conexión en el que varios dispositivos comparten el mismo enlace.

En una conexión multipunto la capacidad del enlace es compartida en el espacio o en el tiempo. Cuando la capacidad se comparte entre diferentes dispositivos decimos que hay una *configuración de línea compartida espacialmente*. Cuando los dispositivos acceden al enlace por turnos, denominados a la configuración como *tiempo compartido*.

A este tipo de conexión se la conoce también como *multiconexión o punto multipunto*, ya que una estación central trabaja como concentrador (*HUB*) de la red.

Así, por ejemplo, la distribución de contenidos por satélite a hogares es un prototipo de enlace punto a multipunto. De la misma manera una conexión multipunto permite conectar inalámbricamente varios dispositivos con el concentrador en el que se ha instalado una antena transmisora, siguiendo un modelo similar al funcionamiento de los router Wifi, como podemos apreciar en la figura 76. Una antena central y antenas cliente configuran una red multipunto.



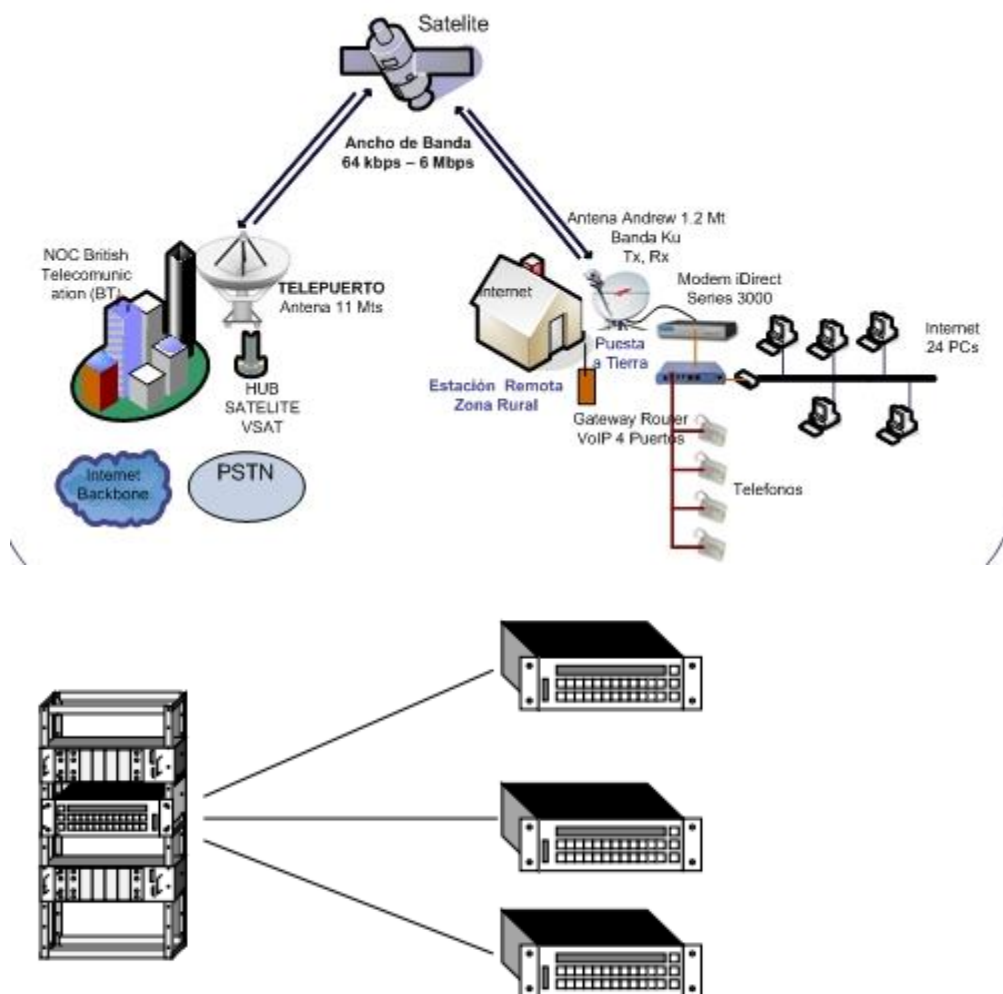


Fig. 76 Configuración multipunto en configuración terrestre, satelital e informática.

Punto a multipunto es una configuración que suele utilizar conexiones simplex, aunque en algunas estructuras es posible que la unión entre el concentrador y los periféricos sea half-duplex.

En otras composiciones y arquitecturas de red, el enlace es full-dúplex por la necesidad de intercambiar información con el punto central, posiblemente a través de enlaces dedicados. Un ejemplo lo encontramos en la red punto a multipunto que une al Centro Nodal de comunicaciones con los organismos, medios de comunicación, instituciones etc. Todos estos puntos reciben contenidos desde la torre de comunicaciones, en muchos casos comunes (señales pool e institucionales), aunque todos ellos, también, contribuyen y distribuyen sus contenidos a través del punto central. Un modelo es la configuración de la red FORTA, con un nodo central en Madrid al que se unen todos los organismos asociados mediante conexiones full-dúplex.



Fig. 77 Red FORTA. Ejemplo de punto multipunto con conexiones full-dúplex.

14.4. Topologías de red

El término topología se refiere a la arquitectura diseñada al efecto, para posteriormente ser aplicadas a la configuración de la red.

Se trata, por tanto, de la aplicación práctica en forma geométrica, que define de qué manera quedan distribuidos los terminales, las estaciones de trabajo y computación, así como es y se comporta el medio físico que interconexiona el conjunto.

Al diseñar la topología hay que considerar como punto de máxima prioridad varios aspectos relacionados entre sí, como son el rendimiento, fiabilidad y seguridad de la red. Los más significativos son:

1. Economía en las conexiones, con especial atención al canal que ejercerá como el medio físico empleado en la transmisión de datos.
2. Equilibrar, por consiguiente, los costes dedicados al diseño topológico con el rendimiento de la red, considerando que debe alcanzar los mejores resultados en cuanto a rapidez en el transporte, evitando la latencia asociada a una configuración errónea.
3. La topología puesta en valor debe permitir la escalabilidad de la red y su progreso. Es necesario contemplar la expansión de la red, e incluso, la posibilidad de hacer uso de un canal de comunicación distinto con el que se implementó la topología de red en un principio.
4. Debe de permitir un control de seguridad exhaustivo.

Existen varias topologías que cumplen con las recomendaciones y objetivos expuestos anteriormente. Son las siguientes:

- Topología en malla
- Topología en estrella
- Topología de bus
- Topología en anillo

14.4.1. Topología en malla

En esta topología cada dispositivo cuenta con un enlace dedicado punto a punto con cualquier otro dispositivo de la red.

Un enlace dedicado es aquel que conecta dos dispositivos entre sí de forma efectiva, transfiriendo datos entre ellos, sin la intervención ni acceso al enlace de terceros.

Una de los aspectos relevantes a determinar a la hora de diseñar la topología en malla es si cada dispositivo debe de estar conectado con todos los demás y si la conexión ha de ser full-dúplex.

En caso afirmativo, el primer dispositivo se ha de conectar con (n-1) dispositivos de la topología, siendo n el número de dispositivos de la red. El segundo se conectaría igualmente a (n-1) nodos o dispositivos y así sucesivamente, de tal manera que el dispositivo n se conectaría, igualmente, a (n-1) dispositivos.

Es decir que se necesitarían $n(n-1)$ canales de conexión en este tipo de topología. Pero si consideramos que todas las conexiones entre dispositivos son full-dúplex, y por tanto bidireccionales, de tal manera que el dispositivo 1 se conecta con el 2 por el mismo medio (cable o fibra u ondas) que el 2 con el 1, podemos dividir entre 2 el número de canales de conexión, de forma que el total de canales necesarios en una topología en malla es

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

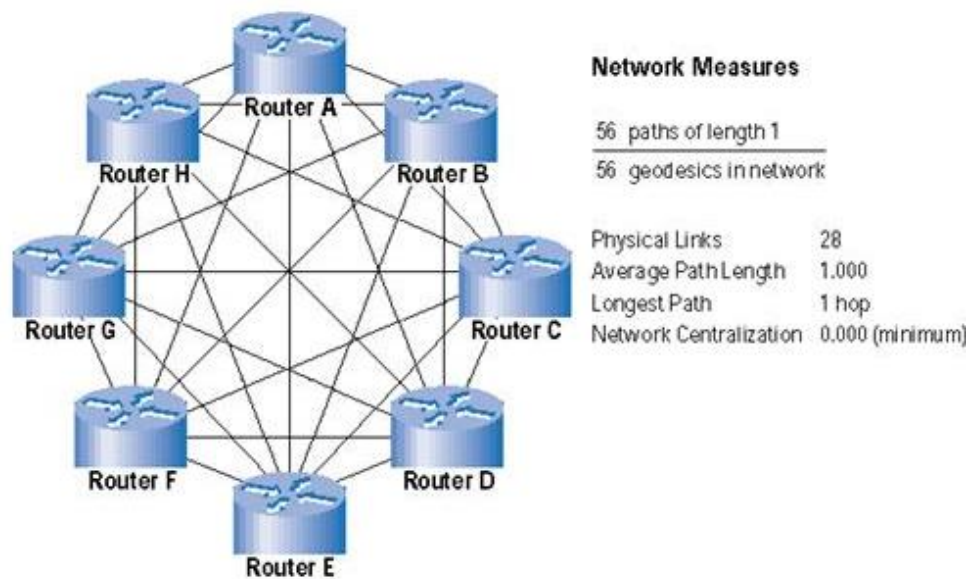


Fig.78 Topología en malla

En la figura 78 observamos que son 8 los dispositivos y por tanto 56 las conexiones entre ellos, dando como resultado 28 enlaces full-dúplex.

La topología en malla permite transportar los datos de un nodo a otro por diferentes rutas, por tanto si la topología está completamente conectada y en funcionamiento no debería existir ninguna interrupción en las comunicaciones, ya que cada nodo tiene enlaces dedicados con los otros.

Como apreciamos en la figura, esta topología no requiere un concentrador o nodo central, lo que reduce los costes de mantenimiento ya que un error en un nodo o enlace no lleva consigo la caída de la red.

La topología en malla sigue en funcionamiento cuando un nodo desaparece o cesa su actividad por problemas ajenos a la red, puesto que el resto de los nodos evita pasar por ese punto, que es inactivo. Por tanto, es una topología que ofrece una gran redundancia y fiabilidad.

A pesar de sus enormes ventajas, tiene el inconveniente de su elevado coste, ya que utilizan mucho cableado a la hora de su configuración. Por ello, cobra gran importancia su implantación en las redes inalámbricas a pesar de las especiales características de las redes Wireless.

Otras ventajas de la topología en malla respecto a otras es que la arquitectura de transporte con enlaces dedicados entre nodos asegura que cada enlace transporta el flujo de datos propio de la conexión, eliminando el impedimento que se produce cuando el enlace es compartido entre varios dispositivos. Un flujo de datos por un enlace dedicado es propiedad del destinatario y solo tienen acceso el emisor y el receptor.

Para poder adecuar tantos enlaces de red, cada dispositivo tiene que tener $n-1$ puertos de entrada/salida (E/S) que le permita unirse con los demás nodos, lo que dificulta la configuración interna de cada uno de los nodos y eleva el coste de su hardware, necesario para atender las especificaciones de la topología.

Por otro lado, la gran cantidad de cableado puede ser mayor que el espacio disponible para acondicionar la estructura.

Por todo lo anterior, las topologías en malla son adecuadas para configuraciones pequeñas o para su inserción e topologías híbridas.

Un ejemplo de topología en malla es la interconexión entre las oficinas regionales de teléfonos, ya que cada sucursal y centro operativo local ha de estar necesariamente conectado con todos los demás.

1.4.2 Topología en estrella

En esta configuración cada dispositivo tiene un único enlace dedicado con el controlador central. A este terminal central se le se denomina concentrador o HUB. Los enlaces entre los nodos y el HUB punto a punto son dedicados, con la posibilidad de que tenga una configuración bidireccional.

Los diferentes nodos o terminales no están conectados entre sí, como en malla, por lo que no es posible un intercambio de datos directamente entre los dispositivos, algo que sí es posible en la topología anteriormente estudiada. Todo el tráfico ha de pasar necesariamente por el HUB, que tiene el control de todo el sistema.

Así, un nodo que desea enviar un flujo de datos a otro nodo, o por el contrario desea recibir información de él, se ve obligado a encaminar la conexión y la transmisión de datos hacia el concentrador central que administra la transferencia, actuando como un intercambiador, y reenviando los datos al usuario destino.

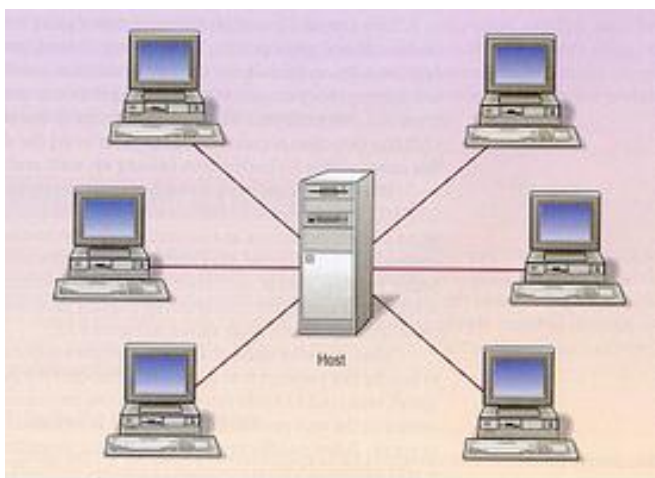


Fig. 79. Topología en estrella

La topología en estrella es sensiblemente menos costosa que la topología en malla. En primer lugar porque cada dispositivo solo precisa de un puerto de entrada/salida (E/S) para conectarse a la red, y por tanto, aunque sea a través del HUB ,a todos las estaciones que trabajen en la configuración. En comparación con el número de puertos que necesitaría para estar imbuido en una topología en malla, la simplificación del proceso es evidente y con ella la disminución de costes. Además, el cableado es más sencillo respecto a la malla, algo que favorece la operación y mantenimiento, ya que cada conexión afecta únicamente al enlace entre el nodo y el HUB.

La topología en estrella es robusta y fiable, ya que en el caso de que un enlace falle la red seguirá funcionando, lo que permite mantener un nivel de operación muy alto a la vez que detectar y solucionar con rapidez el problema. El HUB sirve como puente entre todos los dispositivos de red y permite monitorizar los defectos de los nodos. Siempre y cuando el HUB no deje de funcionar, la configuración en estrella dará servicio. Bien es verdad, que si el HUB fallase toda la red se vendría inevitablemente abajo.

El concentrador central puede ser un servidor de la red o un dispositivo especial de conexión e incluso un enrutador de red cuya misión consiste en seleccionar y activar el enlace que se le demanda.

La conjuración en estrella ofrece una sencilla posibilidad de crecimiento, sin más que establecer un nuevo enlace con la nueva estación que se suma a la red, siempre y cuando el administrador central tenga capacidad de albergar nuevas conexiones.

En esta topología el rendimiento entre las estaciones periféricas y el concentrador central es rápida, al tratarse de conexiones dedicadas punto a punto. Sin embargo, el intercambio de información entre dispositivos es lento al tener que conmutar obligatoriamente en un punto central.

El ejemplo más interesante respecto a esta tecnología lo encontramos en la configuración en estrella para la difusión de la TDT (televisión digital terrestre, estándar DVB-T) a través de Hispasat.

La comunicación vía satélite ha de considerarse como un coaligado estratégico de primer orden en lo que se refiere a la implantación y distribución de la TDT. Su capacidad de cobertura global le configura como el vehículo más eficaz para desplegar una red de transporte de señal que pueda llegar a puntos de la geografía a los cuales la red terrestre tradicional solo llegaría con evidente esfuerzo y elevado coste, posiblemente tan cuantioso que el esfuerzo por alcanzar zonas poco pobladas no merecería la inversión.

Sin embargo, a estas alturas del siglo y con el enorme desarrollo y calado que tiene la comunicación entre la población, solo se pueden alcanzar objetivos como

el anterior si, como el caso que nos ocupa, el proyecto se sustenta en medios de transporte eficaces y relativamente económicos como es la tecnología satelital.

En el proyecto de difusión TDT a través de Hispasat en topología en estrella, una única estación terrena transmisora y un número de pequeños terminales solo receptores que hacen la función de re-emisores de la señal, repartidos por todo el territorio español, logran llevar la televisión a cualquier punto de la geografía, por difícil que sea su acceso. La estación terrena sube la señal a satélite, por ejemplo en un múltiplex de 4 canales TDT ocupando dos transpondedores completos del satélite (*consultar el capítulo dedicado a las comunicaciones por satélite para comprender los términos*) configurándose, junto al propio satélite Hispasat, como HUB de la topología.

Más tarde los terminales receptores/re-emisores, que están ubicados en lugares óptimos en el diseño de la red de distribución de TDT, bajan la señal de televisión y distribuyen TDT en su zona de influencia.

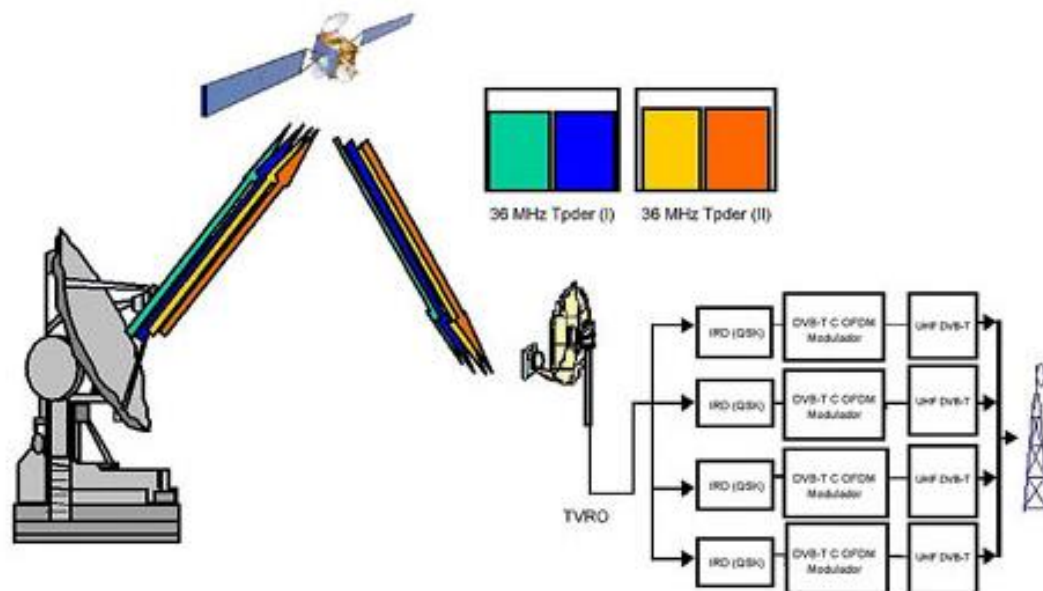


Fig. 80 Distribución de 4 canales TDT a través de la topología en estrella de Hispasat.

Es un buen ejemplo, además, para ver la importancia de una configuración punto-multipunto, satélite (punto) a distintas TVRO de recepción según zonas geográficas (multipunto)

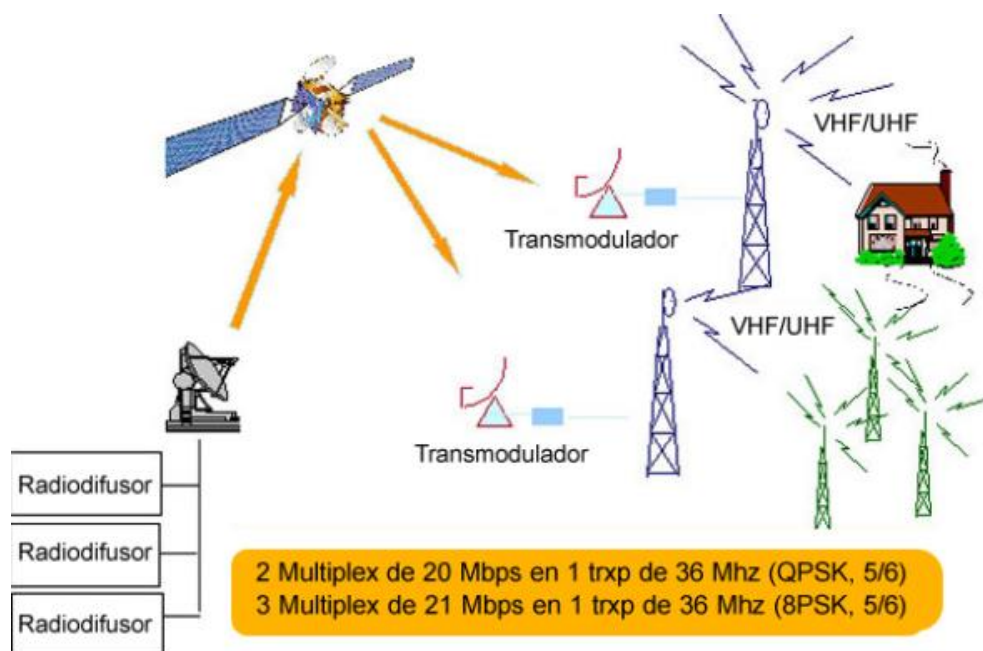


Fig.80 Topología en estrella para la difusión TDT a través de Hispasat.

Todas las televisiones públicas y privadas que operan en España, así como las principales emisoras de radio, difunden sus emisiones a través de esta topología en estrella.

La topología en estrella también se utiliza con frecuencia en redes locales (LAN). La gran mayoría de estas redes cuentan con un enrutador central -o *router*- o bien un conmutador central -o *switch*- o el concentrador HUB.

Una variante de esta configuración es la topología en estrella extendida, en la cual cada nodo o dispositivo es a su vez concentrador para otros nodos locales.

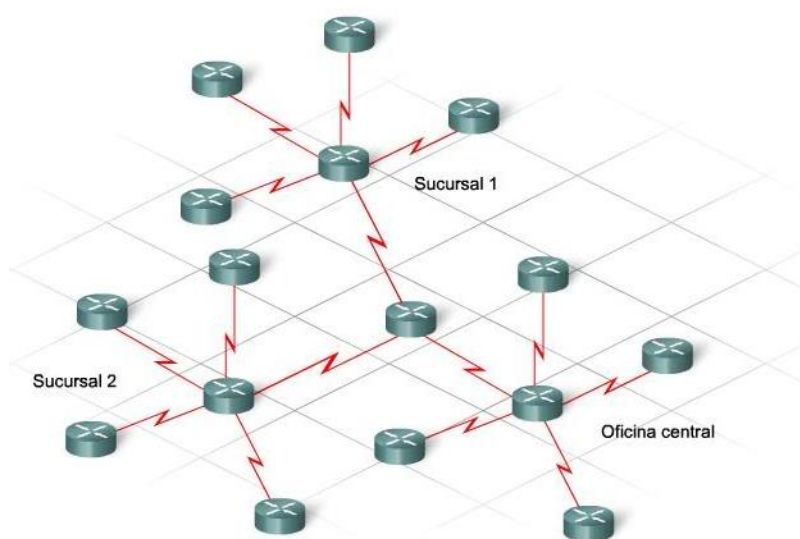


Fig.81 Topología en estrella extendida.

Un ejemplo interesante sobre la topología en estrella, y a su vez válido para comprender la topología extendida, es la red de radioenlaces de Abertis que opera en territorio español y que cuenta con un importante despliegue de estaciones terrenales (ver el capítulo dedicado a las comunicaciones a través de enlaces microonda para entender adecuadamente los términos) que ejercen distribuyendo señales y programas de televisión, son re-emisoras de programación, transportan telefonía y banda ancha.

Esta red de radioenlaces, como vemos en la figura 82, tiene una evidente configuración en estrella, con un concentrador, enrutador y conmutador central que es el Centro Nodal de Torrespaña, siendo los Centro Nodales de Galicia (Santiago), País Vasco (Sollube, Bilbao) Cataluña (Collserola, Barcelona), Levante (Torrente, Valencia), Andalucía (Valencina, Sevilla) los nodos de la red.

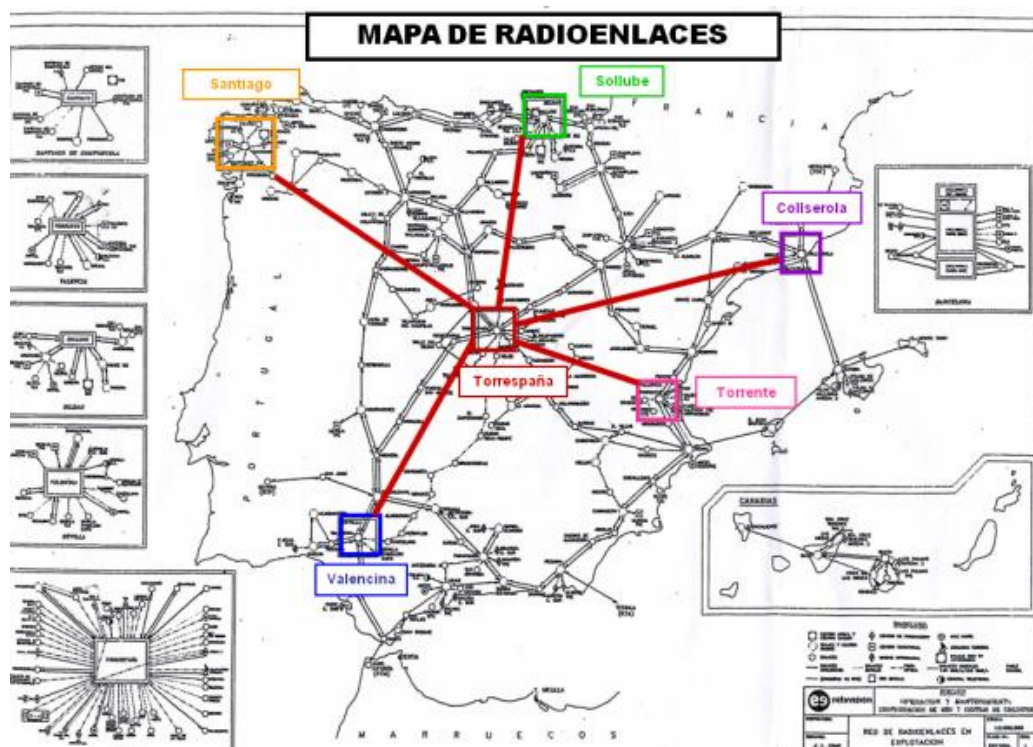


Fig. 82. Red en estrella de radioenlaces en explotación en España.

A su vez, cada uno de ellos desempeña el papel de concentrador, enrutador y conmutador en su zona de influencia, como podemos ver en la figura 83 con el mapa de conexiones de Torrespaña con muchos puntos de la ciudad de Madrid.

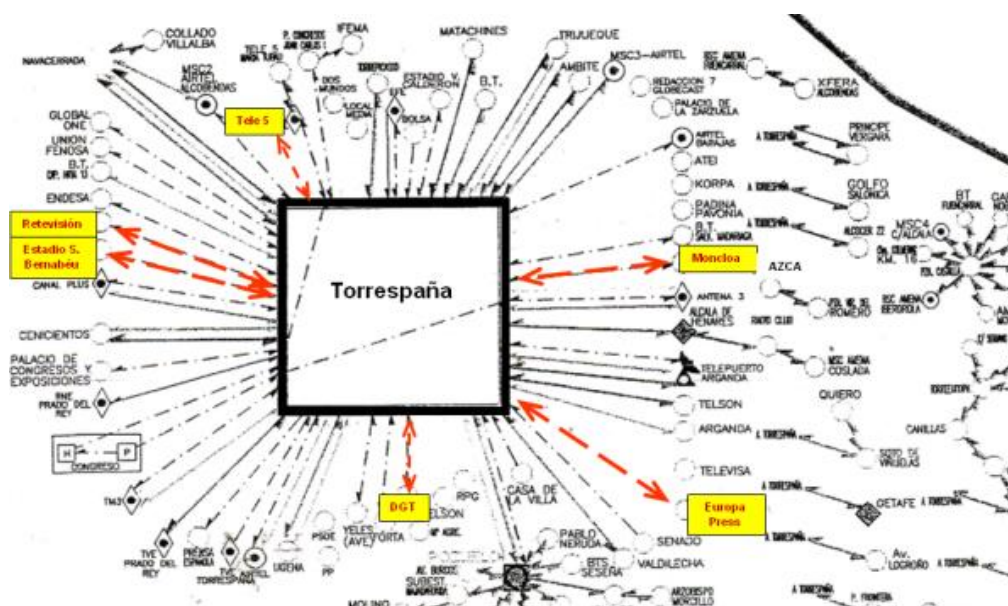


Fig.83. Torrespaña hace a su vez de HUB en una topología en estrella extendida.

Lo mismo podríamos decir de los otros Centros Nodales, que ejercen de HUB en sus zonas de influencia.

Por ejemplo, TV3 se conecta con Colserolla, lo mismo que hace el centro territorial de RTVE en San Cugat, o las emisoras de radio de la ciudad.

Es un modelo de topología en estrella extendida.

Todo lo que tiene que ver con esta configuración, en cuanto al medio físico, y workflow, se estudiará en un capítulo posterior.

14.4.3 Topología en bus.

Este tipo de topología, también conocida como lineal o en línea, es una estructura que trabaja en configuración multipunto.

Una línea de conexión central (bus) –cable o fibra óptica- hace las funciones de red troncal, de tal manera que todos los nodos o dispositivos se conectan a él.

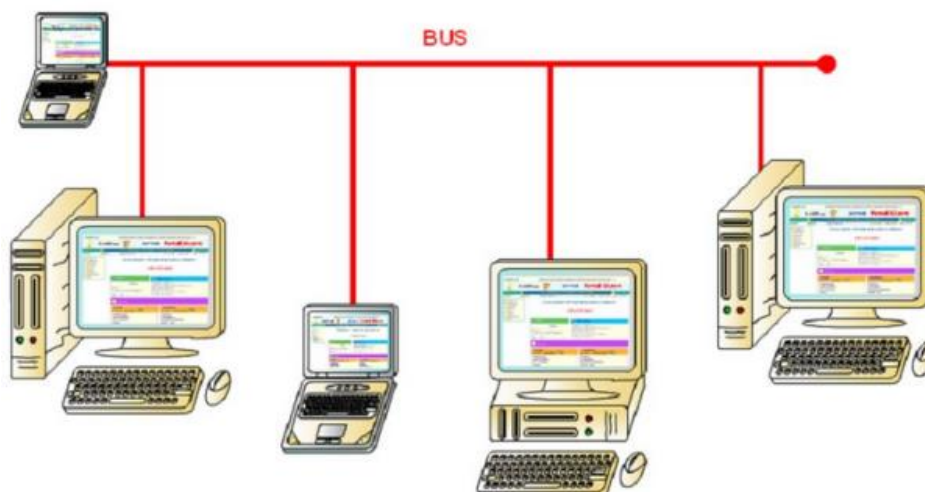


Fig. 84 Topología en bus

Los dispositivos se unen con el bus mediante cables de conexión específicos, conocidos como latiguillos, y mediante sondas que son conectores que se pinchan directamente al bus.

El hecho de utilizar una línea-bus como si se tratase de una red tronca, genera su vez, una serie de problemas sistémicos. En primer lugar, el hecho de que la línea-bus lleve la información de dispositivos a dispositivos genera inevitablemente en línea/cable un aumento de temperatura debido al calor que se produce en la transferencia de datos, siendo más alta a medida que la red se mantiene activa. La transformación de energía en calor, tiene la inevitable consecuencia de un debilitamiento de la señal que se transporta por el bus, con la consiguiente pérdida y aparición de errores. Por esta razón, esta topología permite un número limitado de dispositivos conectados y una acotación física en la longitud del bus.

En la topología en bus todas las estaciones y dispositivos conectados al bus reciben únicamente la información que va destinada específicamente a cada uno de ellos, que fluye por la línea central. Un servidor central, conectado al bus, administra y controla toda la red.

Una de las ventajas de esta configuración es, indudablemente, la sencillez y manejo de la instalación. El bus puede desplegarse físicamente de la manera más cómoda y apropiada, sin necesidad de tener una forma geométrica determinada. Una vez realizado el tendido de la línea troncal, los nodos se conectan a él mediante conexiones de distinta longitud dependiendo de su ubicación real en el espacio de trabajo.

Uno de los principales inconvenientes de esta topología es el control del flujo de datos, pues al existir una sola línea troncal, cuando varios nodos quieren transmitir simultáneamente se encuentran con que solo uno de ellos puede

hacerlo, ocupando el enlace la estación elegida para la transmisión durante el tiempo que dure su sesión. Las demás estaciones y dispositivos tendrán que esperar su turno. Esta circunstancia obliga a una disciplina de acceso al medio para eludir las colisiones de datos que se puedan producir. Estas colisiones se producen cuando varios terminales tratan de acceder al mismo tiempo a la línea/medio físico. Por tanto, como ocurre con la generación de calor en el sistema, en el que el número de terminales determina la dimensión de la topología, cuantos más dispositivos contenga la red más probabilidades de que varios terminales quieran acceder simultáneamente a la línea y, por consiguiente, más posibilidad de colisión habrá.

La particular configuración impide conocer cuál es el dispositivo que está produciendo errores, cuando éstos hacen su aparición. Determinar que cableado está fallando o que parte de la red da errores es especialmente complicado, ya que todos los nodos pasan su información por el mismo bus. Esta coyuntura, así como la dificultad en la reconfiguración de la topología son dos inconvenientes añadidos a los anteriores.

El bus se diseña para que ofrezca unas prestaciones óptimas, si bien su resultado está en relación con el número de estaciones conectadas a él. Por tanto, añadir más dispositivos a la línea trocal reduce la eficiencia del sistema proporcionalmente. Por descontado, un fallo en el bus hace caer toda la red, aunque el área que da error sea parcial y no afecte a toda la línea y, en teoría, haya dispositivos conectados a una parte del bus que no está dañada. Esto ocurre porque la zona deteriorada refleja las señales hacia la dirección de origen de las mismas, creando un ruido de transmisión en ambas direcciones del bus inaceptable para el funcionamiento del sistema. Sin embargo, un fallo en uno de los terminales no impide que la topología siga funcionando.

La topología en bus fue de las primeras en ser puesta en uso en las redes de ámbito local (LAN), si bien en estos momentos son menos utilizadas.

14.4.4 Topología en anillo

En esta configuración cada dispositivo cuenta con un enlace dedicado punto a punto, pero con la particularidad de que esta conexión es solamente con los dispositivos que tiene a derecha e izquierda.

La topología se asemeja geométricamente a una elipse irregular, en la cual los nodos se sitúan en lo que sería su perímetro, que, a su vez, es un bus de conexión. De la forma que toma la arquitectura de red proviene la denominación de anillo.

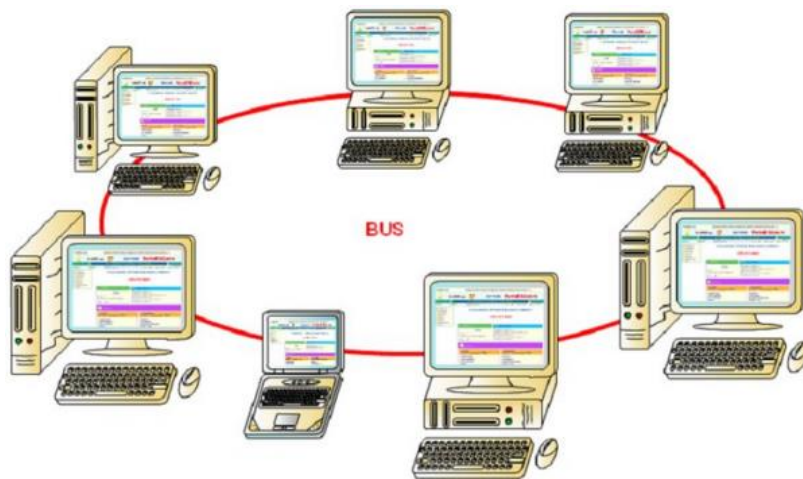


Fig.85 Topología en anillo

La señal y datos circulan por el bus desde un determinado dispositivo origen hasta otro que es el destino de la conexión, viajando en una dirección concreta, de nodo en nodo, hasta finalizar el proceso.

Cada dispositivo de la configuración integra un mecanismo que hace las funciones de repetidor, de tal manera que si el nodo A envía un flujo de datos al nodo D, y la señal transita por el bus recorriendo los nodos B y C antes de alcanzar su destino, los nodos intermedios B y C regeneran el flujo de bits que llegan a sus puertos antes de retransmitirlas de nuevo al bus camino del nodo D, destino final de la conexión.

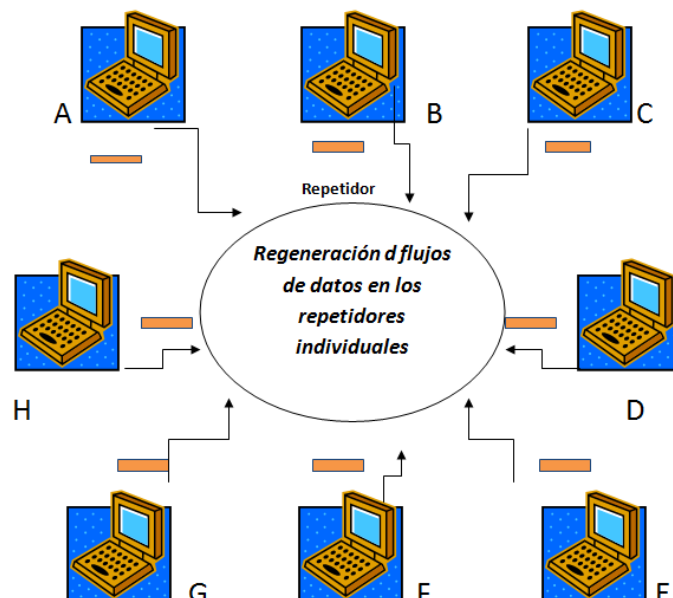


Fig.86 Regeneración de datos en la topología en anillo.

La configuración en anillo es fácilmente escalable, como también es el aligerarla si las condiciones de trabajo lo requieren. Únicamente hay que sumar dos conexiones a derecha e izquierda del nuevo dispositivo, o desconectar ambas en caso de reducción de efectivos. Como ocurría en la topología en bus, la longitud del anillo y el número de dispositivos conectados puede acarrear problemas de funcionamiento en la red, por lo que es conveniente medir ambos factores.

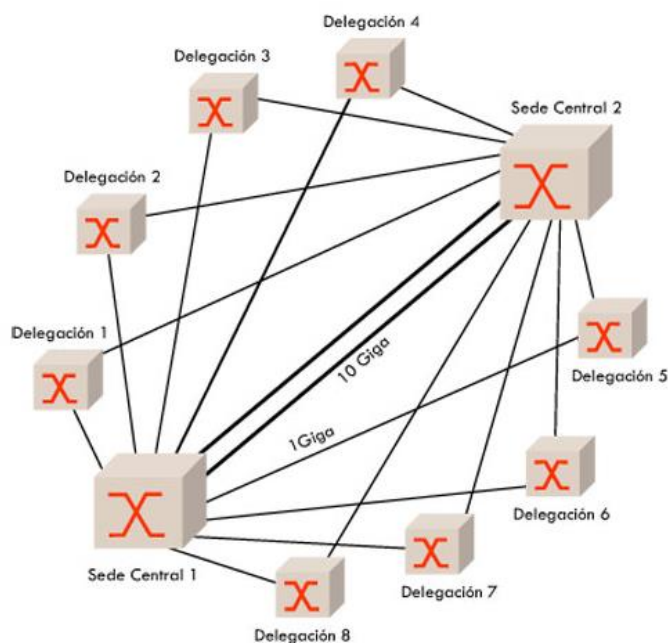
Los fallos en la red se detectan con relativa facilidad, ya que la señal circula ininterrumpidamente por el bus por lo que si un dispositivo no recibe información en un periodo de tiempo determinado, activa una alarma que advierte al administrador de red del problema y de la ubicación del dispositivo dañado.

El tráfico en una sola dirección es un inconveniente en este tipo de topologías si no se han tomado las medidas oportunas en el momento de la configuración del sistema. La inactividad de un nodo puede paralizar la estructura, si antes no se ha diseñado una geometría que permita omitir el paso por ese punto. Un aspecto muy importante a tener en cuenta en el diseño de la topología es la redundancia del bus, para que en caso de rotura o fallo de la línea el sistema siga en funcionamiento.

Una aplicación interesante de esta topología la plantea TELNET en la evolución de una red LAN configurada en estrella migrando a un modelo basado en la estructura de anillo. El problema estriba en conectar 8 centros con dos sedes centrales.

En la estructura organizativa de Universidades, Instituciones locales y Gobiernos locales o autonómicos, se dan arquitecturas en las cuales hay numerosas delegaciones y centros enmarcados en un área metropolitana. Frecuentemente, estas instituciones se conectan por fibra óptica dedicada con el fin de unir sus centros. En la mayoría de los casos estas conexiones de fibra se encuentran desaprovechadas al transportar un único flujo de datos, y la topología aplicada al sistema no asegura la disponibilidad de caminos alternativos en caso que surjan problemas de conexión y tráfico. El proyecto planteado, por consiguiente, busca una solución a la geometría inicial desarrollando un anillo óptico WDM (*multiplexación por división de longitud de onda, técnica aplicada a las conexiones de fibra, como ya hemos visto*) para interconectar 8 centros con dos sedes centrales.

El primer paso, a partir de una topología de Red LAN en estrella, que vemos en la figura 87, establecer un plan de longitudes (λ , que es la representación de la longitud de onda)



Topología de Red LAN Gigabit/10GbE

Fig.87 Topología en estrella que une los 8 centros con las dos sedes centrales.

Como vemos en la figura cada centro se conecta en *Gigabit Ethernet* con las dos sedes centrales. *Gigabit Ethernet*, también denominado *GigaE* es un desarrollo del estándar *Ethernet* que alcanza una velocidad de transferencia de datos de 1 Giga por segundo, 10 veces más veloz que *Fast Ethernet*.

A su vez, las dos sedes centrales se conectan entre sí a un bitrate de 10GigaE.

El desarrollo alternativo a esta configuración pasa por la constitución de un anillo con dos segmentos independientes entre sí, uno Norte-Oeste y el otro Sur-Este, como vemos en la figura 88.

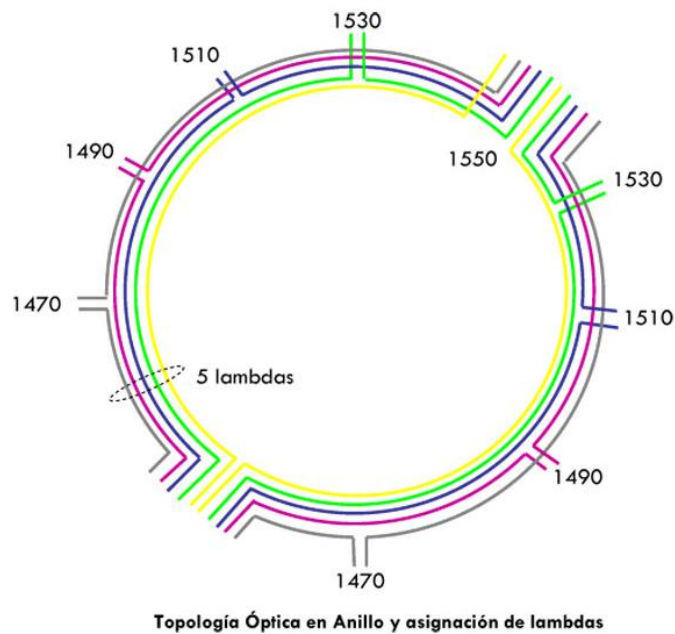


Fig.88 Anillo de fibra, con 5 λ , con dos enlaces independientes, Norte-Oeste y Sur-Este.

La longitud de onda de 1490 nm proporciona flujo para voz, datos y permite la navegación por Internet. La longitud de onda de 1550 está destinada exclusivamente a la difusión y transporte de señales de televisión.

A las delegaciones presentes en cada segmento del anillo se les asigna una longitud de onda exclusiva, a través de la cual mantendrán una comunicación simultánea con la sede central 1 y la sede central 2.

La estructura final se diseña con el uso de un adaptador óptico GigaE 1+1 en cada delegación y un módulo OADM DE 1 lambda. El uso de GigaE 1+1 permite detectar un fallo en un segmento de la fibra e inmediatamente activar una ruta alternativa (1+1 significa señal redundada) La misión del módulo OADM es extraer e insertar una o más lambdas, es decir, recuperar los datos que transportan y que van destinados a ese centro, dejando pasar a las restantes, a aquellas que no llevan información o mensaje para ese punto.

15 Redes de datos: Objetivos y clasificación

El entramado industrial y empresarial que mueve, acelera, aunque lamentablemente también ralentiza, a la sociedad global en la que vivimos, en la cual el intercambio de información es de vital importancia, sustenta su naturaleza y destino en la cada día más compleja estructura de redes de comunicación de alta velocidad, que transportan billones de datos a la velocidad de la luz de un punto a otro del planeta, interconectando redes de ámbito local, con otras de influencia mundial. La exactitud y rapidez en la comunicación y envío de datos es un asunto de enorme trascendencia para la toma de resoluciones que pueden afectar directamente a millones de personas.

Podemos considerar a la red telefónica analógica como el modelo en el que asentaron los primeros equipos informáticos de transmisión de datos. De hecho, era una enorme ventaja contar la compleja y extensa red telefónica, prácticamente extendida por los cinco continentes, si bien era preciso adecuar los procesos digitales a las líneas analógicas. Gracias a la introducción del modem, fue posible ajustar ambas tecnologías. Como sabemos, el modem (**mod**ulador-**demod**ulador) es un dispositivo que modula el flujo de datos digitales para adaptarlos a las líneas analógicas de la red para, una vez alcanzado el destino del mensaje, demodular la señal para transformarla de nuevo a digital.

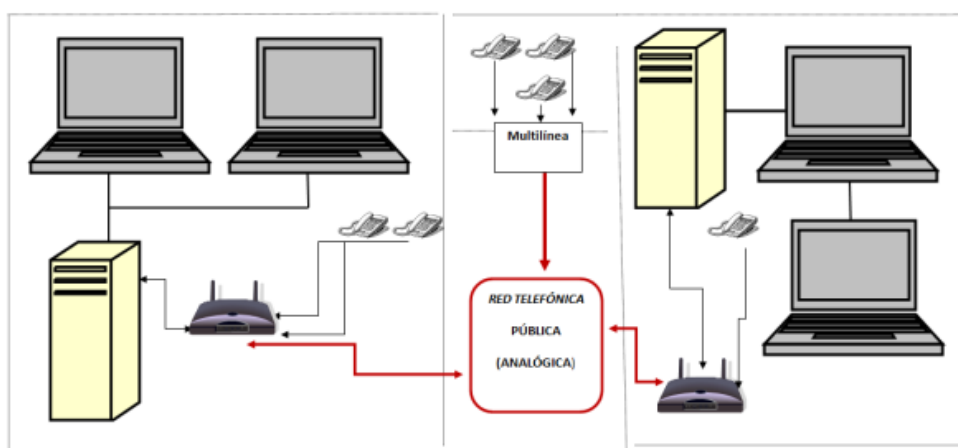


Fig.89 Transmisión de datos a través de la red telefónica analógica, con el uso de módems.

La digitalización de la red telefónica es un gran paso para el mundo de las comunicaciones y por ende para el sector empresarial. Los costes asociados a la transmisión por las redes analógicas se han visto reducidos en gran manera, la calidad y velocidad de los enlaces ha mejorado considerablemente, el salto cualitativo ha sido realmente significativo.

La figura 89 ilustra una red digital cuyo funcionamiento se basa en la interconexión física de nodos implementados con tecnología basada en la multiplexación digital (MDT). Se trata de una red de altas prestaciones, para voz y datos y otros tipos de información, como video, por ejemplo. Si la red digital se usa para unir puntos distantes de una corporación, sumando cada una de las prestaciones indicadas anteriormente se la denomina *red corporativa*.

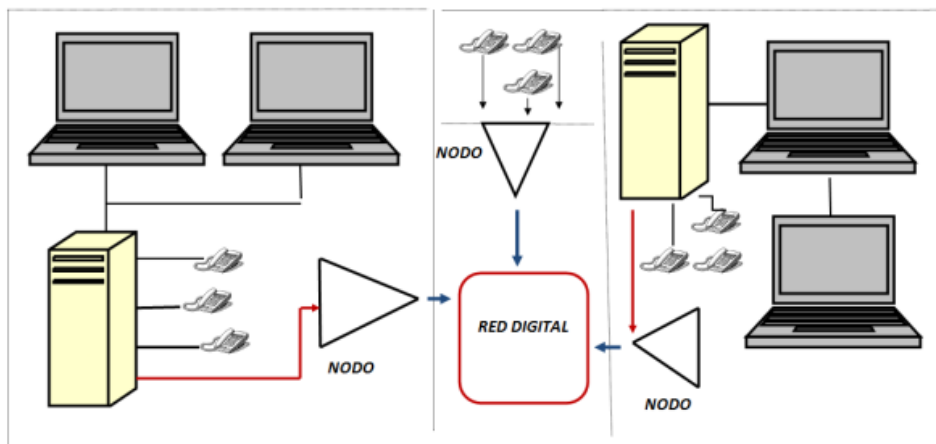


Fig. 90 Red digital en la que se interconexionan nodos con tecnología de multiplexación MDT.

15.1 Redes corporativas

Por regla general, las redes corporativas están constituidas por infraestructuras de transporte basadas en la fibra óptica, sustentadas en tecnología MPLS (*Multiprotocol Label Switch*), protocolos empleados para llevar datos a alta velocidad y voz digital en la misma conexión, que ofrecen máxima fiabilidad y rendimiento.

Una red corporativa puede disponer de velocidades variables, y estar diseñada según alguna de las topologías que hemos visto, incluidos sistemas híbridos que conjugan distintos modelos, pero generalmente se dotan de la suficiente redundancia como para que el tráfico que soporta esté seguro.

En algunas ocasiones, también, se integran diferentes medios de transmisión para incorporar puntos periféricos al núcleo de la red. Por ejemplo, es posible

llegar a puntos extremos utilizando enlaces microondas e incluso conexiones vía satélite.

Algunos de los servicios que la red corporativa brinda a la colectividad son, por citar los más importantes:

- *Servicios de telefonía fija y móvil.*
- *Transmisión de datos, textos e imágenes.*
- *Conectividad de entornos informáticos*
- *Transmisión de video y audio para aplicaciones multimedia.*
- *Telealarma, telemedida y telecontrol.*
- *Teletrabajo.*
- *Acceso a Internet.*
- *Mensajería electrónica.*
- *Acceso a bases de datos corporativas.*
- *Accesos remotos a la red.*
- *Sistemas integrados de información (SII).*
- *Nodos de interconexión, seguridad y acceso.*

Un aspecto importante es que la red corporativa se ha de diseñar de la manera que la incorporación de nuevos servicios y clientes, sea un proceso de fácil implantación y económicamente factible.

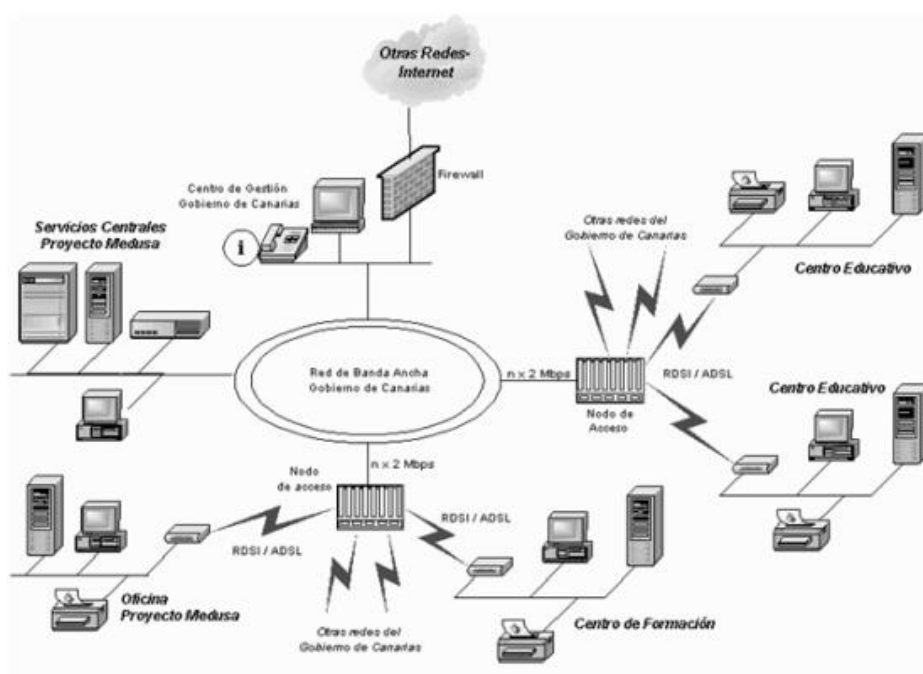


Fig.91 Red corporativa del Gobierno de Canarias.

El Gobierno de Canarias cuenta con una red corporativa, cuyo diseño podemos apreciar en la figura 91.

La red interconexiona distintas dependencias, estructurando la red en torno a un anillo central de comunicación al que se unen directamente los edificios oficiales más importantes. El resto de dependencias que están fuera del alcance directo de este anillo, se unen a él a través de líneas de comunicación diversas, dependiendo la naturaleza de éstas de la ubicación geográfica de los puntos y de los medios de conectividad precisos para enlazar estos puntos periféricos.

Los centros educativos están unidos a la red corporativa gracias potentes conexiones ADSL, cuyo proveedor es el propio Gobierno canario. Algunos centros se unen a través de VSAT, RDSI, o en casos extremos, si el punto no ofrece condiciones de conectividad apropiadas por la línea básica telefónica RTB (producto de la dificultad orográfica del emplazamiento, o la imposibilidad de líneas de conexión de alta velocidad en ese lugar)

Toda la red corporativa se gestiona a través del Cibercentro situado en la sede matriz.

Además del valor intrínseco que tiene el hecho de interconectar todas las dependencias, la red corporativa – o **Intranet** – ofrece la posibilidad de conectarse con el mundo exterior a través de la conexión que la Intranet tiene hacia el mundo con Internet.

A su vez, incorporada a la red corporativa, el proyecto *intraEduca* es una subred informática creada y gestionada por la Consejería de Educación a través del proyecto Medusa que une y da servicio a todas las redes locales (LAN) de los centros educativos canarios. En cada uno de ellos existe una conexión ADSL que conectará con la Intranet de banda ancha del Gobierno Canario, como apreciamos en la figura 91.

Por último, apuntar que se trata de una red corporativa híbrida ya que une varias topologías. Así, cuenta con una estructura en anillo de fibra, con ramificaciones en estrella extendida para dependencias periféricas y centros educativos, todos ellos conectados con el Cibercentro.

15.2 Objetivos de las redes de comunicación de datos.

Hay que tener en cuenta que la digitalización de la red no ha sido la finalidad última de las redes de comunicación de datos en los últimos años, aunque lógicamente es un asunto de gran importancia en un mundo que se ha transformado hacia un entorno digital, abandonando progresivamente, pero con inusitada rapidez, estándares que se van quedando obsoletos.

En la actualidad, existe un objetivo de mayores dimensiones que el anterior, como es la intención de globalizar las comunicaciones consiguiendo que los diferentes protocolos que manejan datos en el mundo, tanto en el presente como en el futuro, puedan ser operados de la misma forma a través de una sola red mundial de características corporativas.

Con este propósito, investigadores, desarrolladores, fabricantes, operadores de telecomunicaciones e ingenieros informáticos y de telecomunicación, se han dedicado a poner en valor la idea de una única red de conectividad global, sustentada en programas, productos y servicios factibles para toda la Humanidad.

Así, conceptos como redes de alta velocidad o banda ancha, tecnologías de comunicación aplicadas a redes corporativas, técnicas de comunicación para optimización redes públicas de datos, estructuras tecnológicas en desarrollo para alcanzar velocidades superiores en transmisión y recepción de datos en soporte multimedia, son algunos de los principales objetivos del avance en la investigación relacionada con las redes de comunicación de datos.

Una vez se haya llevado a cabo la digitalización de todo el sistema se habrá alcanzado uno de los primeros objetivos del desarrollo de las redes de datos, las cuales habrán de operar cambios muy significativos a partir de ese momento. El futuro de las comunicaciones estará espacialmente influido por las innovaciones tecnológicas, lo que unido a lo anterior, y al esperado desarrollo de los sistemas de cómputo, ha de dar como resultado un escenario en el que las expectativas de los sectores sociales en materia de comunicación deben de ser más que satisfechas.

La red de datos, integrada por computadoras interconectadas entre sí a través de diversos caminos, muchos de ellos redundados, otros alternativos, dedicados o conmutados, dan lugar a la *red de transmisión de datos*, en la cual se conjuga computación y telecomunicación.

Esta red de computadoras o *red teleinformática* es, por tanto, un sistema íntegro compuesto por medios de transmisión, nodos de conmutación, nodos de enrutamiento y equipos terminales de computación que intercambian información entre ellos sin importar la ubicación de cada uno de ellos.

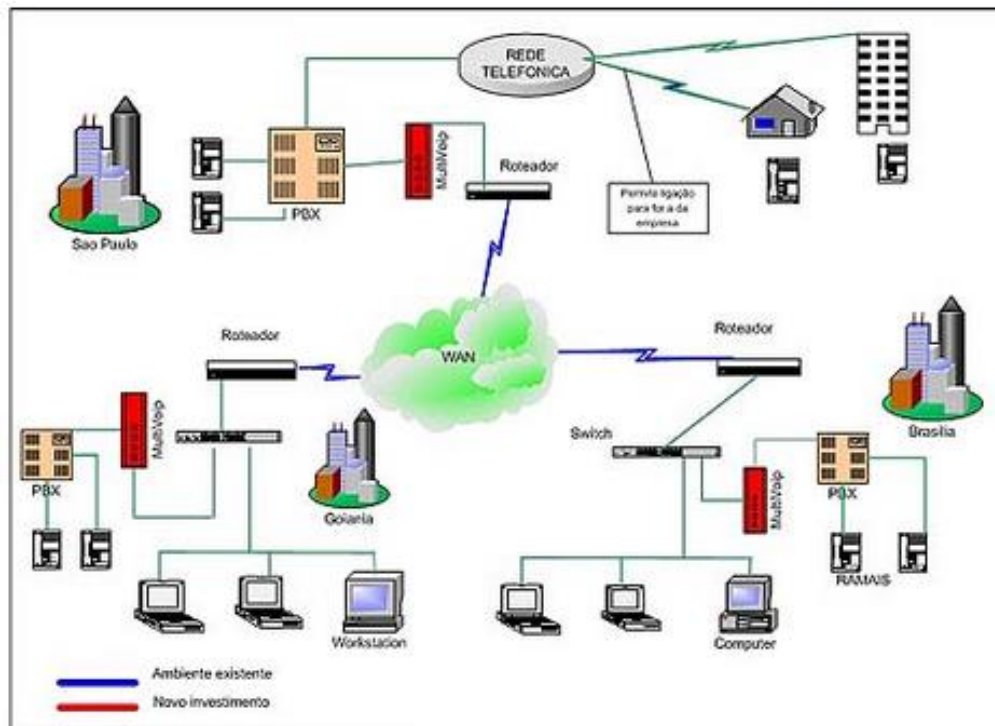


Fig.92. Red teleinformática

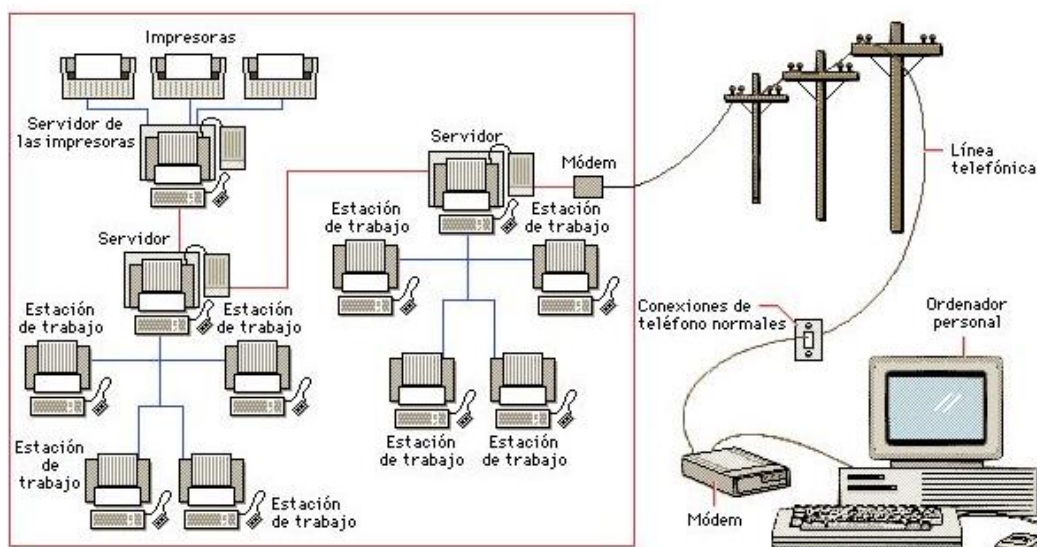


Fig. 93 Red teleinformática transportando datos a través de línea telefónica

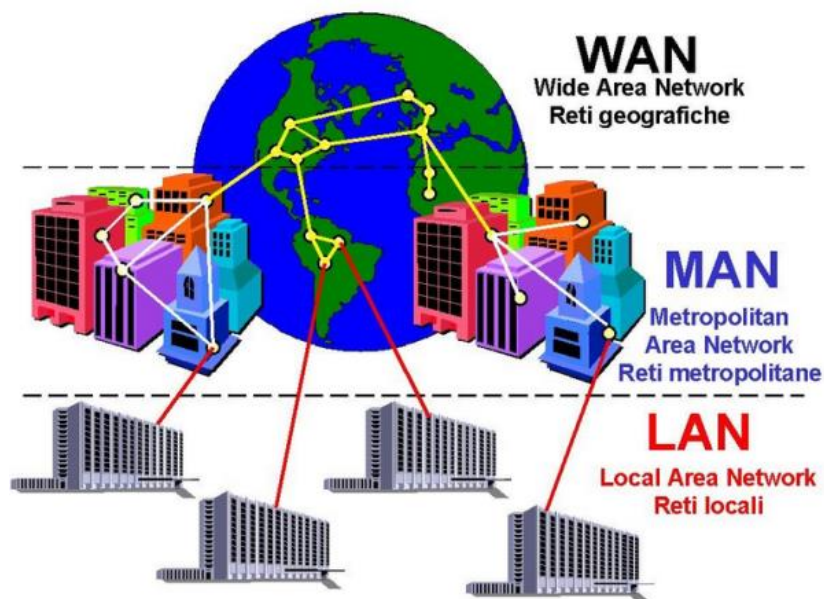


Fig. 94 Red teleinformática a nivel local, regional y continental.

En definitiva, uno de los objetivos principales de las redes es interconectar diferentes equipos terminales de computación (ETD) para el intercambio de datos. La fiabilidad de la información que transportan implica que los datos no se pueden perder durante el proceso, de tal manera que una vez alcanzado el terminal de destino han de tener una correlación lo más exacta posible con los datos originales. Por tanto, la redundancia de la información y de los terminales que forman la base de la infraestructura, así como los sistemas de detección y corrección de errores generados en la transmisión, son algunos de los requerimientos que las redes han de soportar invariablemente.

Es posible, por ejemplo, que una red teleinformática duplique la información en varias máquinas, previendo posibles fallos de operación, de forma que la información no se pierda. Contar con varios terminales de procesamiento significa que si uno de ellos deja de funcionar los otros se reparten la carga de trabajo. Para determinadas redes involucradas en intercambio de datos que afectan a la seguridad colectiva, el hecho de que varios terminales queden repentinamente inactivos no debe de suponer de ninguna manera que el sistema quede mermado en modo alguno.

La relación entre el coste y el rendimiento de los equipos, dispositivos y enlaces que conforman la red es un tema de consideración. La estructura de red ha de perseguir la máxima economía ofreciendo el mejor rendimiento. La rapidez de proceso de computación de los terminales informáticos es directamente proporcional a su importe. Esta relación entre valor económico y calidad del sistema conduce a diseñar redes más ligeras sin perder capacidad de procesamiento, en la cuales, por ejemplo, parte de la información se guarda en

terminales de uso común, denominados servidores de archivos compartidos, permitiendo una mejor escalabilidad en la arquitectura de red.

Sintetizando los primordiales objetivos de la redes de transmisión de datos:

- Trabajar desarrollos que conduzcan a una red de conectividad global.
- Digitalización de todo el sistema de proceso, transmisión e intercambio de datos.
- Diseñar arquitecturas de red que permitan intercambio de recursos e información entre terminales y aplicaciones.
- Ofrecer alternativas de tránsito y redundancia en los procesos de cara a una mayor fiabilidad del sistema.
- Velocidad en el flujo de trabajo y procesamiento, así como en la transmisión.
- Detección y corrección de errores.
- Conseguir la mejor correlación entre coste y rendimiento.
- Potenciar las redes corporativas para alcanzar una red global sustentada en su modelo de funcionamiento.
- Aplicar la topología más apropiada en cada caso para optimizar y compartir recursos.

15.3 Redes conmutadas

¿Qué tipo de camino o enlace es el más apropiado para ejecutar el transporte de datos entre centros de computación o entre terminales distanciadas geográficamente?

Una red es un conjunto de dispositivos conectados entre sí, como sabemos. Cuando el número de terminales es muy grande, existe una dificultad añadida para conseguir la interconexión entre ellos y al mismo tiempo establecer una conexión entre cada uno de ellos.

Una solución sería aplicar al sistema una topología en malla y establecer entre ellos enlaces dedicados punto a punto. Otra opción sería trabajar con una topología en estrella, e incluso con ramificaciones en forma de estrella extendida, con un gran centro de operaciones que se une con cada uno de los dispositivos mediante enlaces punto a punto. Pero ambas alternativas se hacen inviables en redes muy grandes, tanto por su complejidad técnica como por el inmenso coste que acarrearía su implantación. El número de enlaces y la variable longitud de los mismos, puesto que los terminales estarán con toda seguridad diseminados por zonas geográficas alejadas, configurando un perímetro de enormes dimensiones e irregular. Otro aspecto a considerar en este hipotético e imposible modelo es la inactividad a la que se verían sometidos los enlaces y por tanto la poca rentabilidad de cada uno de ellos.

Sin duda la solución a este importante problema es la conmutación. Una red conmutada, consta de una serie de nodos intermedios interconectados entre sí, denominados conmutadores. Estos nodos intermedios tienen la capacidad de establecer conexiones de carácter temporal entre terminales o dispositivos conectados con ellos y, también, en crear esas conexiones eventuales entre nodos intermedios. Vemos la representación de una red conmutada en la figura 95 en la que se interconexionan 10 dispositivos, nombrados de la A a la J, a través de 5 nodos intermedios o conmutadores, representados como I, II, III, IV y V.

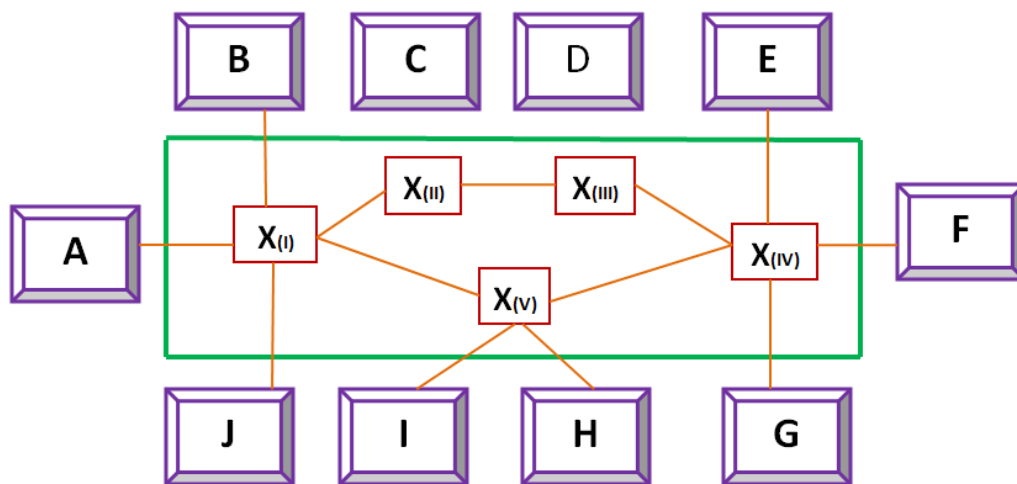


Fig. 95 Red conmutada

En una red conmutada, algunos de estos conmutadores se conectan a sistemas finales, como terminales de computación o teléfonos, mientras otros nodos intermedios tan solo tienen como cometido encaminar la transmisión hacia otros nodos.

La red conmutada, es un sistema en el que el enlace entre dos nodos, se produce sobre demanda previa. La petición de enlace es un requisito previo para el inicio de la conexión, así como la confirmación del operador de disponibilidad de circuito es un requerimiento indispensable. El enlace permanece activo durante la comunicación entre usuarios, liberándose al terminar la comunicación.

Los centros de conmutación pueden ser de carácter público o privado, y en ellos se encaminan las peticiones de conexión entre usuarios de la red. La telefonía clásica es un ejemplo de red conmutada.

Las principales características de las redes conmutadas son, entre otras:

- Flexibilidad y economía de operación si el tráfico de datos no es muy elevado.
- La conmutación permite la descongestión entre usuarios y red, disminuyendo el tráfico en determinados puntos y posibilitando un aumento del ancho de banda.
- El centro de conmutación selecciona el camino más apropiado para la conexión.
- La comunicación se produce en tiempo real, siendo especialmente apropiada para el transporte de voz y multimedia.
- Los terminales que interconectan durante el enlace son propietarios del mismo durante el tiempo que dure la comunicación.
- No existe compartición de recursos durante el enlace, de tal manera que el ancho de banda asignado para la comunicación se mantiene durante el tiempo solicitado de enlace.
- El enlace se establece en una determinada ruta o camino, transitando por nodos intermedios que encaminan la comunicación hacia su destino. Una vez establecida la ruta por el centro operador de red conmutada ésta es fija y rápida, sin que los nodos intermedios intervengan en la toma de decisiones sobre caminos alternativos al establecido.

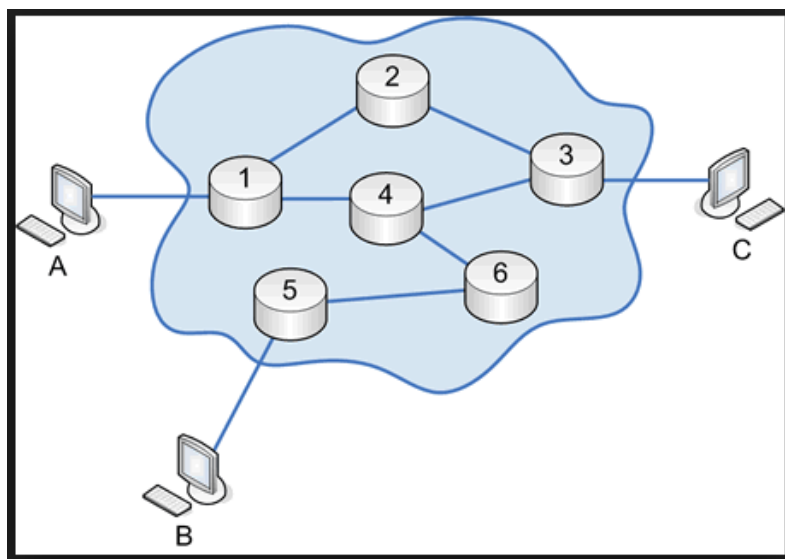


Fig.96 Red conmutada y nodos intermedios

Los inconvenientes más reseñables son de una red conmutada se centran en la lentitud de respuesta en el inicio de la comunicación, la posibilidad de bloqueo de la red por congestión o una calidad de servicio mejorable. Otro aspecto del problema a considerar es el hecho de la inutilidad del enlace una vez terminada la conexión, ya que es posible que quede inactivo hasta la siguiente

comunicación con el consiguiente desaprovechamiento en recursos y ancho de banda. Por otro lado, una de las ventajas del sistema de conmutación como es el que el enlace sea fijo una vez se establece la ruta entre nodos o terminales, se puede convertir en un inconveniente al impedir que los nodos intermedios, durante la duración de la transmisión, busquen caminos alternativos más económicos al establecido por el centro de conmutación principal. Esta rigidez, es una de las desventajas apreciables del sistema.

En el caso de que durante la conexión uno de los nodos intermedios falle, la comunicación se interrumpe y ha de establecerse nuevamente.

15.4 Redes no conmutadas.

En este tipo de redes los enlaces se proveen de forma permanente y exclusiva para que el usuario haga uso de ellos en el momento que los considere oportuno. Suelen denominarse enlaces tipo 24/7 al estar disponibles las 24 horas durante los 7 días de la semana.

Son de gran utilidad para aquellos usuarios que no pueden esperar o bien el retardo que se genera en las redes conmutadas cuando el operador busca la mejor ruta para establecer la conexión, o la indisponibilidad de circuitos que se origina cuando existe congestión de red.

El uso de tipo de red genera importantes ahorros en aquellos usuarios que manejan tráfico y transporte de datos de manera considerable.

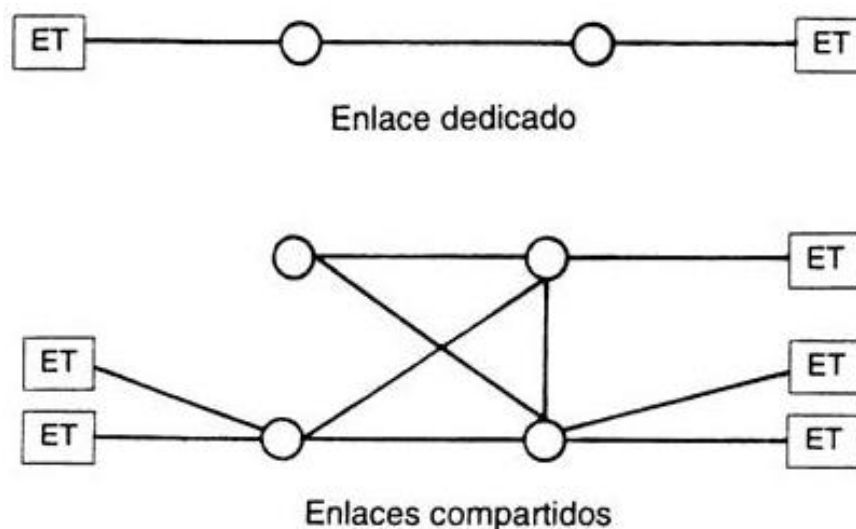


Fig.97 Red no conmutada punto a punto con enlace dedicado y red conmutada con enlaces compartido entre usuarios.

Las ventajas de las redes no conmutadas son las que se derivan de contar con un enlace dedicado punto a punto entre dos terminales o nodos, libre de tránsito y de compartimiento de ancho de banda con terceros. Sin embargo, este valor se puede convertir en una desventaja si el tráfico no es lo suficientemente intenso entre los puntos ya que, en ese caso, el coste de la red no conmutada sería elevado en comparación con el uso de la otra alternativa. Asimismo, un uso limitado del enlace dedicado le convierte en un recurso desperdiciado y poco flexible.

Este tipo de red es muy habitual en la configuración que una cadena de televisión, o de una agencia de noticias, realiza con sus principales delegaciones o corresponsalías. Estas delegaciones *Premium* envían una importante cantidad de información diariamente a la sede central. Contar con un enlace ocasional que una ambos puntos, es además de más costoso poco operativo. Es más práctico contar con un enlace dedicado que les una 24/7. Las delegaciones menos importantes hacen uso de la red conmutada de un operador para realizar el envío de sus contenidos. Lo veremos en el capítulo correspondiente a transmisiones donde estudiaremos un variante en la que se aplican nuevas tecnologías de conexión y en el caso particular de CNN+.

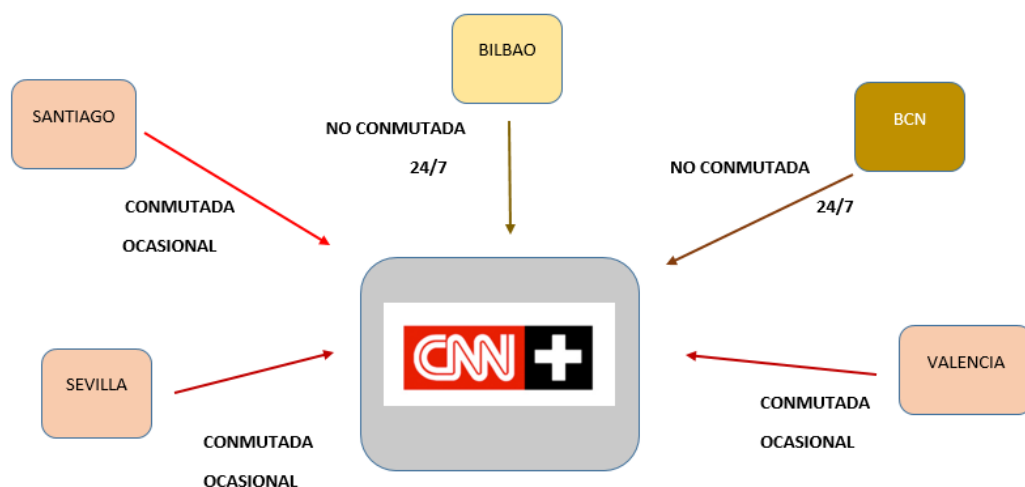


Fig. 97 bis. Red de delegaciones de CNN+ en España

El esquema nos muestra las delegaciones en España de CNN+ y la conectividad de sus circuitos con la sede central. Solo la corresponsalía de Barcelona y la Bilbao trabajaban en modo red no conmutada, con enlaces punto a punto dedicados y abiertos 24/7. Las otras 3 delegaciones envían mediante red conmutada con enlaces ocasionales. Todos ellos son enlace simplex. Notese la configuración en estrella de la red.

15.5 Métodos de conmutación en redes conmutadas.

Tres han sido, históricamente, los métodos de conmutación en los sistemas que utilizan esta técnica. Las redes con conmutación de circuitos, las redes con conmutación de mensajes y las redes con conmutación de paquetes. A su vez, las redes de conmutación de paquetes se subdividen en dos, que son redes basadas en datagramas y redes basadas en circuitos virtuales.

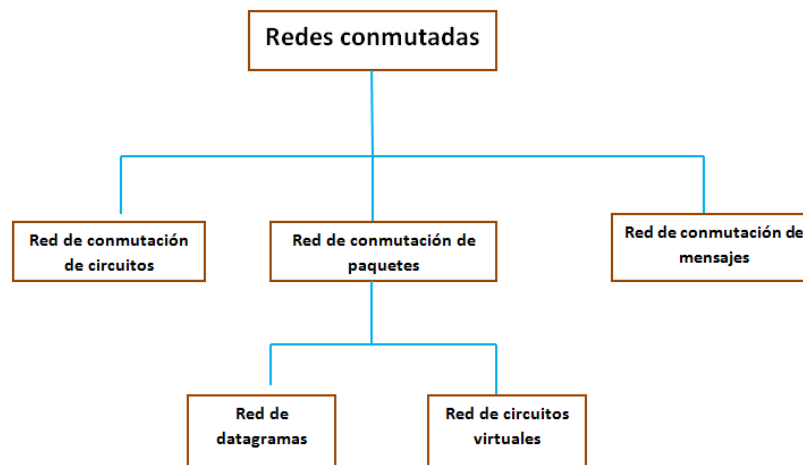


Fig.98 Clasificación y tipos de redes conmutadas.

Aquellas redes que están basadas en circuitos virtuales comparten algunos aspectos particulares que son comunes con las redes de conmutación de circuitos y con las redes basadas en datagramas. En la actualidad, la preferencia en la conmutación de paquetes es emplear una técnica que sea capaz de combinar adecuadamente la conmutación de circuitos virtuales con las redes de datagramas. La red se encarga de encaminar el primer paquete de la trama siguiendo el protocolo aplicado al envío fundamentado en red de datagramas, para a continuación crear una red basada en un circuito virtual para el resto de paquetes que conforman la información, procedentes del mismo origen y dirigidos al mismo destino.

15.6 Redes de datos con conmutación de circuitos.

Las redes conmutadas pueden hacer uso de varias técnicas a la hora de constituir la conexión, que son las siguientes: Red de datos con conmutación de circuitos, red de datos con conmutación de mensajes y red de datos con conmutación de paquetes, clasificación que podemos observar en la figura 98.

Estudiemos en primer lugar la conmutación de circuitos.

La red de datos con conmutación de circuitos (RCC) procede al establecimiento de una conexión, bajo previa petición, entre dos terminales cualesquiera de la red, manteniendo activo el enlace durante el tiempo que dure el intercambio de datos entre ambos equipos terminales. Es importante que se establezca y defina un recorrido de enlace para el envío de datos.. Al final de la sesión, el enlace se libera para que sea utilizado por otros usuarios que lo demanden.

La figura 99 muestra una sencilla red de conmutación de circuitos, compuesta por cuatro nodos o conmutadores y por cuatro enlaces. Cada enlace se divide en n canales (en el caso de la figura $n=3$) utilizando técnicas de multiplexación, bien por división de frecuencia FDM o por división en el tiempo TDM.

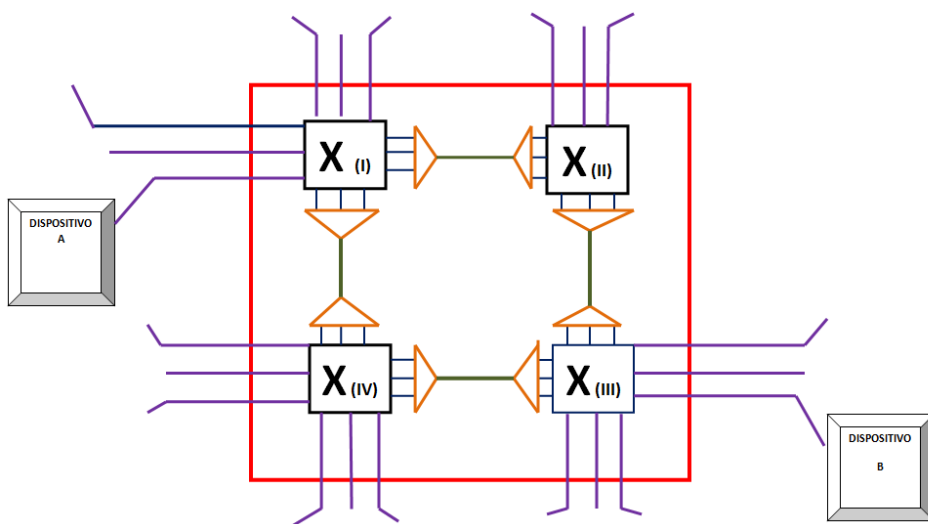


Fig.99 Red de datos con conmutación de circuitos.

Como vemos en la figura, los dispositivos finales se conectan a los conmutadores o nodos, en este caso el dispositivo A y el B. Cuando el terminal A quiere conectarse con el B tiene que solicitar una conexión dedicada a B, que sea, a su vez, aceptada por todos los conmutadores de la red y por el propio terminal B.

Por tanto, en la conmutación de circuitos, se establece un canal dedicado de comunicación entre los dos terminales. Una vez que el enlace queda determinado, el ancho de banda asignado a la conexión es inalterable.

Podemos, por consiguiente, definir tres estados de proceso en este tipo de transmisiones:

- a) *Petición de enlace y establecimiento de la conexión.* Se recorren todos los nodos y enlaces que formen parte del trayecto entre el origen y el destino, reservándose la capacidad precisa en los mismos para efectuar la transferencia, estableciéndose de esta manera el circuito reservado entre los dos puntos origen y destino. El establecimiento de la conexión, por consiguiente, significa crear canales dedicados entre los conmutadores. En la figura 99, por ejemplo, cuando el dispositivo A quiere conectarse al dispositivo B, envía una petición de establecimiento que incluye la dirección del dispositivo B al conmutador (I). Este, encuentra un canal entre él y el conmutador (IV) que está libre para ejecutar la conexión. A continuación, el conmutador (I) envía la petición al conmutador (IV) que encuentra un canal disponible entre él y el nodo (III). El conmutador (III) informa al dispositivo B de la petición del dispositivo A para conectarse a él. Es necesario, para continuar con el proceso, que el dispositivo B envíe una confirmación al dispositivo A, en sentido opuesto. Una vez que el dispositivo A, origen de la transmisión, recibe la confirmación se establece la conexión. Es importante señalar que es imprescindible establecer un camino entre los dos extremos, en las dos sentidos de la conexión. Las direcciones IP de los terminales asignados, son una clave importante para establecer el enlace. En el supuesto de que los recursos estén ocupados se procede a rechazar la conexión entre los dos dispositivos.
- b) *Transferencia de datos entre equipos terminales.* En esta fase se procede a la transmisión de datos, voz, video, etc., a través del enlace reservado en la fase de establecimiento de conexión.
- c) *Fin de la transmisión y liberación del enlace.* Se liberan los recursos reservados, de tal foma que puedan ser usados por cualquier otra conexión.

Hay que resaltar que la conexión es punto a punto en el momento que establece la ruta entre los nodos intermedios. Quiere esto decir, que si un determinado equipo origen quiere comunicarse con otro destino, debe primeramente de finalizar la conexión establecida, si es que está transfiriendo datos con otro punto.

Los nodos intermedios deben de poseer la capacidad de conmutación, así como tener la potestad de gestionar el canal solicitado.

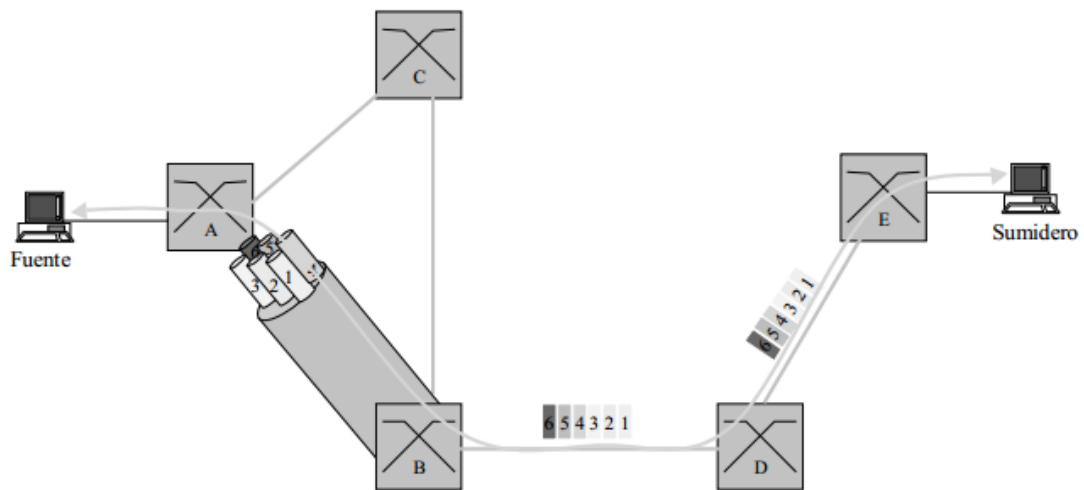


Fig.100 Red de datos con conmutación de circuitos.

Para optimizar la capacidad de los medios de transmisión se utilizan técnicas de multiplexación por división de frecuencia (FDM) o, más usualmente, de multiplexación por división de tiempo (TDM), de este modo se reserva, para cada comunicación, una región del espectro o un intervalo de tiempo determinado en las tramas de cada enlace, como indica la figura 100 que representa un ejemplo de conmutación de circuitos.

Para proceder la reserva de conexión entre dos puntos de la red se necesita señalización, es decir, es imprescindible intercambiar información entre los terminales y la red y entre nodos de la red con el fin de constituir la mejor ruta.

Antes de iniciar el proceso, los terminales deben de reservar los recursos que harán posible la comunicación entre ellos. Estos recursos son: el canal dedicado, trabajando en multiplexación, los buffers o memoria interna de los nodos, el tiempo de procesamiento del conmutador y los puertos de entrada y salida de los nodos. Todos estos recursos estarán dedicados durante el proceso de transferencia de datos y hasta la liberación del canal.

La transferencia de datos entre los dos terminales no se realiza mediante envío de paquetes, técnica que veremos más adelante. Los datos que se envían por el canal son un flujo continuo que envía la estación de origen y recibe el terminal destinatario. Es muy posible que en este tipo de conmutación haya períodos de silencio en los cuales el canal sigue dedicado pero inactivo.

Con la técnica de conmutación de circuitos se consigue alcanzar un nivel de calidad de servicio garantizado, puesto que el enlace permanece reservado y dedicado durante la transferencia. La latencia ocasionada en la transmisión entre los dos puntos, origen y destino, es inapreciable, así como es inestimable el volumen de datos perdidos en el proceso de transferencia. El retardo generado por el establecimiento de la conexión es la suma de las siguientes latencias acumuladas: a) el tiempo de propagación de la petición del dispositivo origen b)

el tiempo de transferencia de la señal de petición c) el tiempo de propagación de la confirmación del dispositivo destino d) el tiempo de transferencia de la señal de dicha confirmación. El retardo generado en la transferencia de datos es la conjunción del tiempo de propagación más el tiempo de transferencia de datos. Por último, hay que contabilizar la latencia generada en la desconexión del circuito.

Son varios los inconvenientes de esta técnica, que coinciden básicamente con las desventajas apuntadas en las características de las redes conmutadas. En síntesis son las siguientes: uso ineficaz del circuito reservado durante los periodos de inactividad; rechazo a la conexión en caso de indisponibilidad de enlace; no se utiliza toda la capacidad del canal, aunque esté siendo usado en régimen dedicado y por último, la necesidad de operar mediante señalización demora el establecimiento de la conexión.

Estudemos un sencillo ejemplo.

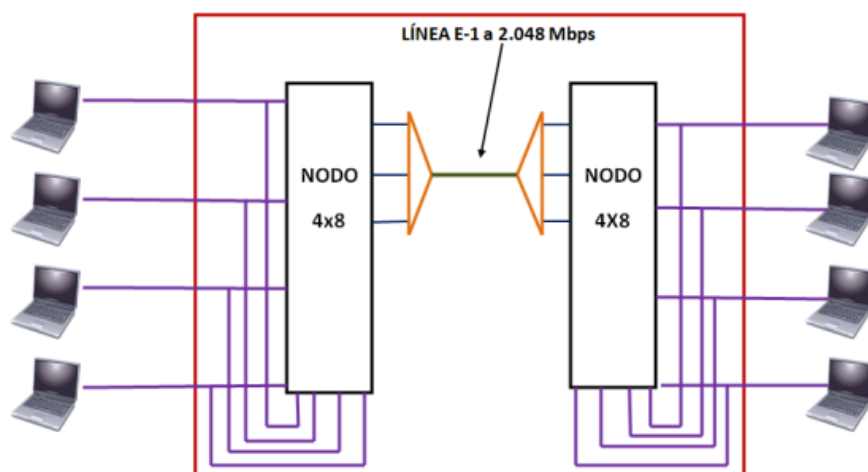


Fig.101 Ejemplo de red de conmutación de circuitos

Vemos en la figura 101, como 4 terminales se conectan con otros 4 terminales ubicados en localizaciones remotas unos de los otros. La empresa que cuenta con estas dos sucursales o delegaciones utiliza para sus comunicaciones una línea E-1 a 2.048 Mbps que le proporciona un operador de comunicaciones. Una línea E-1 es una conexión digital fibra óptica, de alta velocidad, con 30 canales, que transportan voz, video y datos. En el ejemplo, vemos que en la red existen dos nodos o conmutadores en configuración 4x8, es decir de 4 entradas y 8 salidas. En cada conmutador, cuatro de los puertos de salida con conectados a los puertos de entrada, para que los terminales de cada delegación puedan intercambiarse, también entre ellos, información. Los otros cuatro puertos de salida se utilizan para la comunicación con la otra sucursal.

15.7 Red de datos con conmutación de mensajes.

Esta es, en realidad, la técnica de conmutación más antigua que existe, ya que era la utilizada con el sistema telegráfico.

En este caso se transmite a la red la información completa, formando lo que se conoce como mensaje. Al alcanzar el mensaje cada nodo se ejecuta la acción de paso hacia el siguiente nodo si no hubiese tráfico, aunque en el caso de que no fuese así, el mensaje espera en una cola de entrada hasta que le llegue su turno para ser procesado y le sea asignado un enlace de salida para continuar su camino. Se realiza por tanto almacenamiento y reenvío del mensaje en cada nodo de red, como vemos en la figura 102.

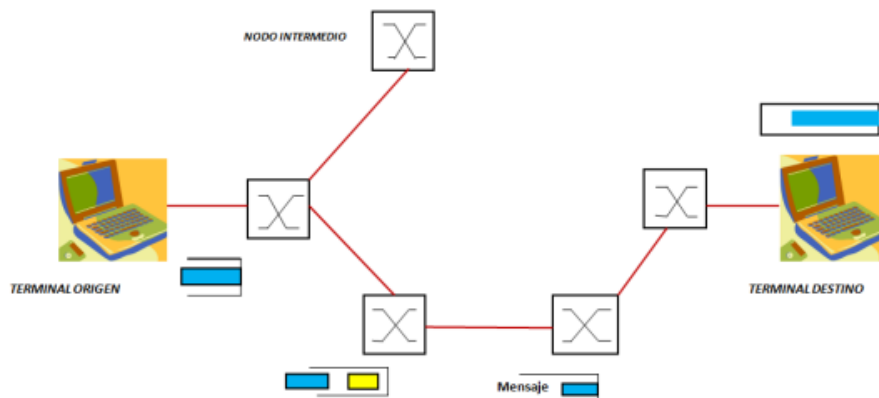


Fig.102 Red de datos con conmutación de mensajes.

De este modo la latencia generada en cada nodo, es decir el intervalo de tiempo desde que llega el mensaje hasta que sale por el enlace adecuado, dependerá de la cantidad de mensajes que hayan llegado antes que él, del tamaño de los mismos y del propio tamaño del mensaje en cuestión. Este retardo puede ser lo suficientemente grande como para hacer inviable esta tipo de conmutación para transmisiones en las que la latencia ha de estar enmarcada en unos límites muy concretos y aceptables para los usuarios de la red, como es el caso del tráfico de voz a través de la red telefónica.

Una característica importante de la conmutación de mensajes, muy a tener en cuenta, es el hecho del almacenamiento de mensajes en los nodos intermedios. Cuando los mensajes llegan, han de esperar hasta tener vía libre hacia el siguiente nodo. Puede producirse, por tanto, una acumulación de mensajes que son retenidos por el nodo hasta que llegue el momento de su procesamiento,

quedando en espera en la memoria del nodo. En el caso de que la memoria se colapse por excesivo tráfico, el mensaje se pierde sin remedio.

La técnica de almacenar una información completa para enviarla posteriormente se conoce como *Store and Forward*, y de ella hablaremos con más detalle cuando estudiemos las tecnologías que desarrollan técnicas para conexiones de video y audio en directo a través de la red 3G/4G.



Fig. 102 bis. Pantalla del interface de Live U para aplicación Store and Forward

Es posible, además que un mensaje pequeño alcance el nodo intermedio antes que uno de mayor tamaño. Sin embargo, el nodo procesará antes el grande que el pequeño, aunque este tuviese prioridad por orden de llegada. Esta particularidad, provoca retrasos en enlaces interactivos entre dos equipos que mantienen intercambio de información, quedando ambos a la espera de respuesta de mensajes cortos durante intervalos de tiempo inaceptables para la comunicación.

Algunas de las principales propiedades de la conmutación de mensajes son:

- Se aplica con regularidad la multiplexación de mensajes hacia un mismo destino, lo que evita que el emisor deba esperar a que se libere un circuito, como ocurre en la conmutación de circuitos.
- Esta es la razón principal por la que en esta técnica se libera antes el canal, quedando libre para nuevas conexiones.

- Al no haber reserva de enlaces y nodos, como ocurre en la conmutación de circuitos, se aprovecha toda la capacidad del canal sin existir periodos de silencio o inactividad mientras otra comunicación necesite el enlace.

Por su parte, los inconvenientes que presenta la técnica se pueden resumir en:

- A cada mensaje se le añade una cabecera de identificación, con el objetivo de identificarlo y encaminarlo hacia su destino. Esta coyuntura hace que la capacidad del canal sea menor, al tener que transportar cada mensaje una información extra. La relación información útil frente a información transmitida reduce el rendimiento del enlace.
- Los nodos intermedios, invariablemente, precisan de una mayor complejidad de procesamiento, puesto que deben de analizar la cabecera de cada mensaje para proceder a su salida, inspeccionar los datos del mensaje para comprobar que no se han producido errores o pérdida de datos durante la transmisión y por último han de estar provistos de la memoria necesaria para almacenar mensajes que estén en cola, así como de la capacidad de proceso suficiente para ejecutar adecuadamente los anteriores desarrollos.
- Como se apuntó antes, la comunicación interactiva entre dos terminales es difícil en esta tipo de conmutación, ya que el tiempo de respuesta depende de muchos factores que la hacen especialmente compleja

En todo caso, hoy en día se utilizan habitualmente los métodos de conmutación de circuitos y de paquetes, que veremos a continuación. La conmutación de mensajes, sin haber desaparecido del todo, no se utiliza en las comunicaciones generales, quedando para algunas aplicaciones específicas de red como el correo electrónico.

15.8 Redes de datos con conmutación de paquetes.

Uno de las características de la conmutación de circuitos es la imposibilidad de ajustar el ancho de banda a lo largo de la conexión. Como sabemos, en esa tipo de conmutación, una vez establecido el canal entre los dispositivos el ancho de banda es fijo e inalterable, lo que implica un uso ineficiente de recursos cuando la conexión requiere una baja velocidad de transferencia de datos.

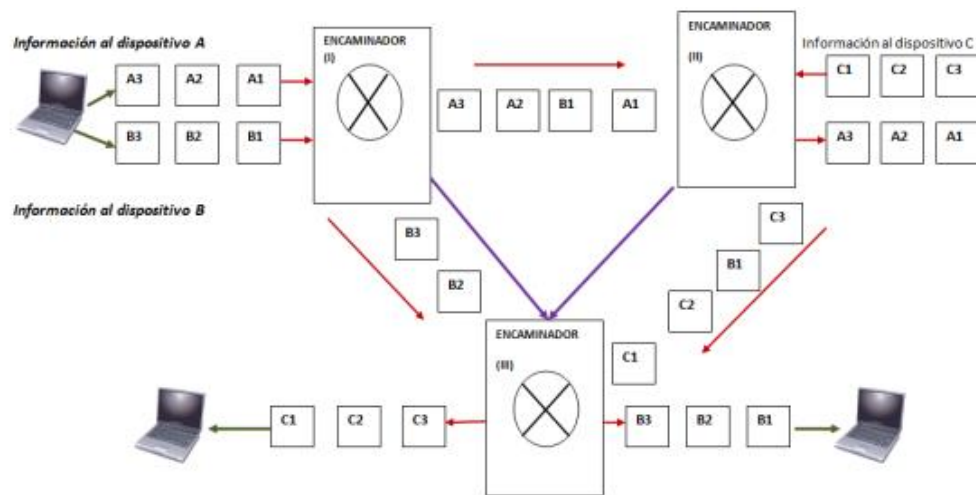


Fig. 103 Red de datos con conmutación de paquetes.

Esta técnica se conoce como conmutación de paquetes (RCP) porque el mensaje que envía el terminal origen se descompone en un número determinado de partes llamados paquetes cada uno de los cuales se transmite independientemente del resto, como vemos en la figura 103.

Cada paquete de datos se titula con la dirección del terminal de destino, así como con varios campos de control complementarios. En la recepción se unen los paquetes en el orden original gracias a la información que contienen y que determina su orden en la secuencia del mensaje. Lo vemos en la figura 103.

Al observar el proceso comprobamos que cada uno de los paquetes de los que se compone el mensaje puede viajar por diferentes caminos hasta alcanzar su destino final. Gracias a esto, el ancho de banda se adapta a los canales de transmisión aumentando su rendimiento y flexibilidad. Ninguno de los canales se emplea en exclusivo al transporte de un mensaje, sino que en cada uno de las vías de distribución los paquetes individuales de un mensaje se mezclan con paquetes de otros mensajes, mediante una técnica denominada multiplexación.

La conmutación de paquetes entre dispositivos a través de la red simula una conexión permanente entre los dos puntos origen y destino, aunque en realidad dicho canal dedicado no es real, por lo que se le conoce como canal virtual o canal lógico.

Con esta clase de conmutación es factible trabajar con un ancho de banda variable puesto que los nodos de comunicación almacenan los paquetes en caso de congestión de red o en caso de necesitar un ancho de banda no disponible en ese momento, para enviar posteriormente cuando las condiciones son más favorables o idóneas al peso del contenido. Es la técnica de almacenamiento y envío, conocida como Store and Forward.

Los nodos de comunicación y conmutación de paquetes, conocidas también como centrales de conmutación de paquetes (CCP) son computadoras de gran capacidad de almacenamiento de y procesamiento de datos.

Los nodos CCP encaminan a los paquetes a un determinado enlace o ruta según las condiciones de tráfico, el camino más corto hasta su destino y la seguridad de la conexión en cuanto a la aparición de errores, técnica que se denomina multiplexación estadística.

Con las características propias del proceso de conmutación de paquetes, si como el hecho de que la longitud de cada paquete es pequeña en relación a la longitud del mensaje, no se suele producir congestión de red, lo que significa pequeña latencia en la transmisión algo que convierte a esta técnica en recomendable para la interactividad entre terminales.

16. PROCESO DE CONVERSION ANALÓGICO A DIGITAL

En la industria moderna el entorno digital se ha impuesto decididamente sobre el analógico, entre otros motivos por la calidad de la señal digital en relación a su homóloga analógica.

Sin embargo, aún coexisten muchas señales que nativamente son analógicas por lo que es preciso efectuar una conversión o etapa para transformarlas en señales digitales, mediante dos fases. La primera convierte la señal en datos digitales, proceso que se conoce como digitalización. La segunda fase convierte los datos digitales en señales digitales. La tercera transmite estas señales digitales a través de las redes de comunicación.

Los dos métodos más significativos son la modulación por codificación de pulsos y la modulación delta

16.1 PCM Modulación por codificación de pulsos.

La digitalización convierte una señal analógica a datos digitales. Una de las técnicas más utilizadas es PCM o modulación por codificación de pulsos.

Se producen tres desarrollos consecutivos:

- Modulación por amplitud de pulsos (PAM) o muestreo de la señal analógica

- Cuantificación de la señal ya muestreada
- Conversión a flujo de bits una vez que los valores cuantificados han sido codificados.

PAM o modulación por amplitud de pulsos (muestreo)

La señal analógica pasa por un proceso por el cual se toman muestras de la misma cada T_s segundos. El término T_s indica el período temporal en el cual se toman muestras de la señal.

Trabajar con el término inverso del período $\frac{1}{T_s}$ significa hacerlo con la tasa de muestreo o frecuencia de muestreo. Por tanto

$$f_s = \frac{1}{T_s}$$

Podemos hablar de tres modelos de ejecutar la modulación por amplitud de pulsos (PAM)

- *Muestreo prototipo*

Se trata de una técnica de muestreo perfecta, por lo que su aplicación ni es sencilla ni habitual. Se tomarían muestras de la señal analógica siguiendo exactamente el patrón marcado por la el periodo de muestras T_s .

- *Muestreo natural*

En este caso, un conmutador de alta velocidad actúa durante un pequeño espacio de tiempo cuando se está realizando el muestreo, de tal manera que sería posible recrear la forma de la señal analógica gracias a la cantidad de muestras secuenciales que han sido tomadas en ese período de tiempo.

- *Muestreo de techo plano*

En este caso se crean muestras rectangulares (de ahí su denominación) que son creadas mediante el concurso de un circuito generador de pulsos de reloj que proporciona el período de muestreo. Interviene un dispositivo denominado generador de señales que es el encargado de proporcionar la señal analógica en cada caso, así como en en los tres tipos de muestreo anteriormente mencionados. Finalmente para monitorizar las señales PAM resultantes, sean natural o de techo plano, se utiliza un osciloscopio.

En todos los casos, el resultado es una señal analógica con valores de muestreo no enteros necesariamente.

16.1.1 Frecuencia de muestreo: Teorema de Nyquist

El teorema de Nyquist, como sabemos, indica que para reproducir una señal analógica la frecuencia de muestreo ha de ser al menos el doble de la frecuencia más alta de la señal original.

Hemos de apuntar que una señal analógica solo puede pasar por el proceso PAM si está limitado su ancho de banda, es decir, no se trata de un ancho de banda infinito.

Una señal paso bajo es aquella cuya frecuencia fluctúa entre f_0 y f siendo f la frecuencia máxima de la señal. Esto indica que el ancho de banda de estas señales corresponde con su frecuencia máxima.

$$AB = f - f_0 = f$$

En este caso, podemos afirmar sin equivocarnos que la tasa de muestreo es el doble del ancho de banda, ya que, en realidad, sencillamente estaríamos refiriéndonos al doble de la frecuencia máxima.

Una señal paso banda es aquella que fluctúa entre dos frecuencias, una frecuencia mínima f_{min} y otra máxima f_{max} . Su ancho de banda sería

$$AB = f_{max} - f_{min} \quad \text{con } f_{min} \neq 0$$

En el caso de señales paso banda, el ancho de banda siempre es menor que la frecuencia máxima por lo que cometeremos un error si decimos que la tasa de muestreo es el doble del ancho de banda. En este caso, siempre la tasa de muestreo es el doble de la frecuencia máxima como dice por otra parte el teorema de Nyquist.

16.1.2 Cuantificación de la señal

Una vez superado el proceso denominado PAM, correspondiente al muestreo de la señal, nos encontramos con distintos valores de amplitud correspondientes a la amplitud mínima y máxima de la señal, valores que, por otra parte, pueden ser infinitos.

Se producen varias etapas en el proceso de cuantificación.

Etapas 1. Se asignan valores a la amplitud, dando lugar a un rango de valores que comprenden la amplitud mínima V_{min} y la máxima V_{max}

Etapa 2. Se procede a la división del rango de amplitudes en L zonas. La elección de número de zonas o niveles está en relación directa con el rango de amplitudes de la señal analógica y de la exactitud que se requiera en cuanto a la recuperación de la señal. Cuantos más valores de amplitud obtengamos, más zonas o niveles serán necesarios y más exacta será la recuperación de la señal.. La señal de audio necesita 256 niveles. La señal de video precisa miles de niveles de cuantificación.

Etapa 3. Cada zona tiene un ancho determinado representado por la letra Δ .

El valor de Δ es

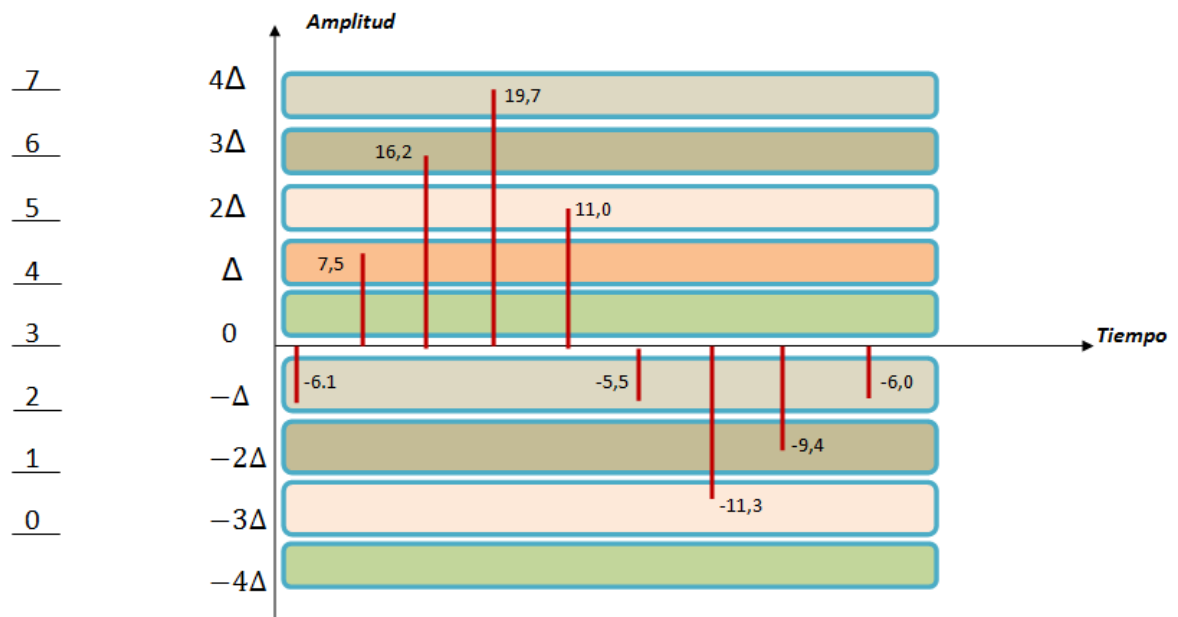
$$\Delta = \frac{V_{max} - V_{min}}{L}$$

Etapa 4. Los valores ya cuantificados y correspondientemente asignados a cada zona L se corresponden con el punto medio de zona.

Etapa 5. Se procede a la aproximación del valor de la amplitud de la muestra a los valores cuantificados.

Un ejemplo nos ayudará a seguir el desarrollo de la etapa de cuantificación

Supongamos una señal que ha sido muestreada y ha dado como resultado una serie de valores comprendidos entre -20 y +20 V



| | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Valores PAM | -1,22 | 1,50 | 3,24 | 3,94 | 2,20 | -1,10 | -2,26 | -1,88 | -1,20 |
| Valores cuantificados | -1,50 | 1,50 | 3,50 | 3,50 | 2,50 | -1,50 | -2,50 | -15,0 | -1,50 |
| Error normalizado | -0,28 | 0 | +0,26 | -0,44 | +0,30 | -0,40 | -0,24 | +0,38 | -0,30 |
| Código de cuantificación | 2 | 5 | 7 | 7 | 6 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Palabras codificadas | 010 | 101 | 111 | 111 | 110 | 010 | 001 | 010 | 010 |

Fig. 104 Proceso de cuantificación de una señal analógica

Como vemos en la figura 104 se han asignado solo 9 muestras al proceso de muestreo de la señal. El valor que hay junto a cada muestra indica el nivel de amplitud de la muestra.

Bajo la figura se representan distintos valores que se corresponden con los valores anteriores.

Hemos de tener en cuenta que en este caso se han definido 8 zonas, simbolizados por los rectángulos coloreados. Es decir el valor de

$$L = 8.$$

Por tanto el ancho de cada zona Δ

$$\Delta = \frac{V_{max} - V_{min}}{L} = \frac{20V - (-20V)}{8} = 5V$$

La primera de las filas corresponde al valor PAM normalizado. Quiere esto decir que la amplitud $(-6,1)$ primera de las muestras concuerda con el valor $(-1,22)$ del eje de ordenadas donde se dan los valores de amplitud. Este último valor se obtiene de la ecuación

$$\frac{\text{valor real amplitud}}{\Delta} = \frac{-6,1V}{5V} = -1,22$$

Y así sucesivamente

$$\frac{7,5V}{5V} = 1,5 \quad \frac{16,2V}{5V} = 3,24 \quad \frac{19,7V}{5V} = 3,94 \quad \text{etc etc}$$

La segunda línea se corresponde con los valores de cuantificación. En este caso, se selecciona el valor de cuantificación de la mitad de cada zona.

Así el primer valor PAM $-1,22$ tendría un valor de cuantificación de $(-1,50)$ puesto que este último es el valor medio de la zona 2. El valor de cuantificación del valor PAM $(+3,94)$ sería $(+3,50)$ valor medio de la zona 7. Así sucesivamente.

Obviamente esta aproximación al valor medio de cada zona genera un error al que se denomina error normalizado. Su valor se cifra en la diferencia entre el valor de cuantificación y el PAM. Así el error normalizado de la primera muestra se traduce en la diferencia entre

$$\text{Valor Cuantificación} - \text{Valor PAM} = -1,50 - (-1,22) = -0,28$$

Los valores de entrada al cuantificador son valores reales $(-1,22)$ por ejemplo. Los valores de salida son valores aproximados, $(-1,50)$ en el ejemplo. Si el valor de entrada se sitúa exactamente en el valor medio de la zona, entonces no hay error normalizado. Así en la figura, la segunda muestra tiene un valor PAM de $+1,50$. En este caso, al concordar con el valor medio de la zona 5 $(+1,50)$ no existe error. El valor de error normalizado en cualquier muestra es siempre menor que $\frac{\Delta}{2}$, es decir que el valor del error se sitúa siempre entre

$$-\frac{\Delta}{2} \leq \text{error de cuantificación} \leq \frac{\Delta}{2}$$

El error de cuantificación modifica la tasa de señales a ruido de señal. Como afecta el error de cuantificación a la relación señal/ruido SNR, medida ésta en dB, se relaciona directamente con el número de bits de la palabra codificada representado por el símbolo n_b , que como hemos visto anteriormente, depende del valor de L , es decir, del número de niveles. La ecuación que relaciona todos estos parámetros es

$$SNR_{dB} = 6,02n_b + 1,76$$

En el ejemplo que estamos estudiando, el correspondiente a la figura, sería sencillo determinar el valor de SNR_{dB} ya que sabemos el valor de n_b que en este caso es de 3 bits por muestra. Por tanto

$$SNR_{dB} = 6,02 \times 3 + 1,76 = 19,82 \text{ dB}$$

Si conocemos previamente el valor que ha de tener la relación señal ruido, SNR_{dB} , podemos determinar el número de bits por muestra de la palabra codificada. Por ejemplo, si una línea de transmisión ha de tener una relación señal/ruido de 60 dB, el número de bits por muestra es de

$$60 \text{ dB} = 6,02n_b + 1,76 \rightarrow n_b = \frac{60 - 1,76}{6,02} = 9,6 \text{ bits por muestra} \cong 10 \text{ bits}$$

En la cuarta fila se ofrece el código de cuantificación. Cada valor cuantificado se corresponde con una zona L . En este caso, por ejemplo, el valor de cuantificación de la primera muestra (-1,50) se sitúa en la zona 2, el segundo también está en la zona 2, el tercero (3,50) en la zona 7, el cuarto en la zona 7 y así sucesivamente.

Los valores de entrada al cuantificador son valores reales (-1,22) por ejemplo. Los valores de salida son valores aproximados, (-1,50) en el ejemplo.

Las palabras codificadas se corresponden con la conversión al sistema binario del valor del código de cuantificación. Así, por ejemplo, sabe que el valor 2 en el sistema decimal es 010 en binario, el valor 7 en el sistema decimal es 111, el valor 6 en decimal es 110 en binario, etc.

16.2.3 Proceso de codificación

En el modelo de modulación por codificación de pulsos, PCM, que estamos estudiando, la fase final es la codificación. Una vez determinado el número de bits correspondiente a cada muestra de la señal analógica, se procede a la transformación de cada uno de los valores del código de cuantificación al sistema binario determinado la palabra codificada.

Hemos de considerar que el número de bits n_b está relacionado con el número de zonas o niveles L mediante la ecuación

$$n_b = \log_2 L$$

En el ejemplo que estamos estudiando, vimos que el muestreo se había dividido en 8 zonas, por tanto el número de bits por palabra codificada es

$$n_b = \log_2 8 = 3$$

A su vez la frecuencia de muestreo y el número de bits por muestra se relacionan mediante la siguiente ecuación, que da como resultado el valor del flujo de bits o bitrate (también se conoce como tasa de bit)

$$\text{Bitrate} = \text{frecuencia de muestreo} \times \text{número de bits por palabra codificada}$$

$$\text{Bitrate} = f_s \times n_b$$

Una señal analógica paso banda con una frecuencia máxima de 16000 Hz (16kHz) con un número de bits por muestra de 10, tendrá una tasa de bit de

$$\begin{aligned}\text{Frecuencia de muestreo} &= 16.000 \times 2 \\ &= 32.000 \text{muestras por segundo (Nyquist)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bitrate} &= 32.000 \text{ muestras por segundo} \times 10 \text{ bits muestra} \\ &= 320.000 \text{ bits por segundo} = 320 \text{ kbps}\end{aligned}$$

En el caso de la voz humana, este dato es de 64 kbps, ya que la frecuencia máxima es de 4000 Hz y el número de bits por muestra es de 8. Por tanto, el bitrate de una línea telefónica es al menos de 64 kbps

16.1.4. Proceso de decodificación

Una vez se ha producido la transmisión y alcanzado el dispositivo receptor, corresponde recuperar la señal analógica original. Para tal fin, es preciso un decodificador PCM.

La técnica de decodificación tiene varias fases.

- Convertir cada palabra codificada en un pulso particular, de tal manera que conserve la amplitud hasta la generación del siguiente pulso
- Una vez que ha sido finalizado el proceso anterior y recuperada la señal en forma de techo plano, ésta se conduce a través de un filtro de paso bajo para transformarla en la señal analógica original. Este filtro tiene la misma frecuencia de corte que la señal original en el emisor. Es importante señalar que si la señal analógica original fue muestreada siguiendo las recomendaciones del teorema de Nyquist, la señal será recuperada sin mayor problema. Es posible que sea necesaria una etapa de amplificación para obtener los valores mínimos y máximos de la señal nativa.

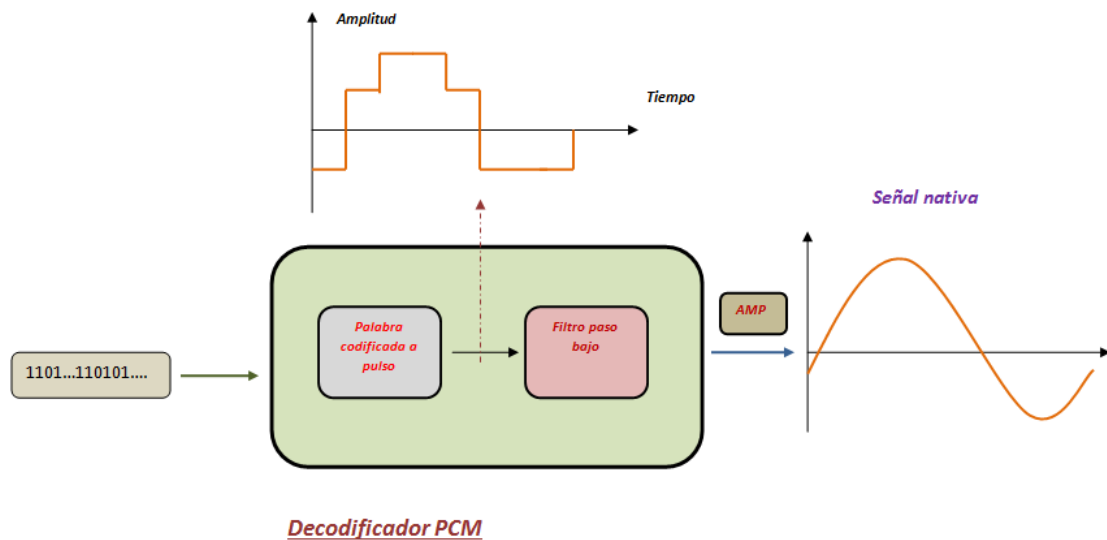


Fig. 105 Proceso de decodificación de una trama digital

Cada señal analógica tiene un ancho de banda determinado. Es necesario conocer cuál sería el ancho de banda mínimo del canal que transportaría la conversión a señal digital de la original analógica.

Sabemos que el ancho de banda mínimo es

$$AB_{min} = c \times N \times 1/r$$

Como hemos visto anteriormente, N se refiere a la tasa de bit o bitrate, cuya ecuación es

$$N = f_s \times n_b$$

Sustituyendo en la anterior

$$AB_{min} = c \times f_s \times n_b \times 1/r$$

Sabemos por Nyquist que la frecuencia de muestreo f_s y el ancho de banda de una señal analógica están relacionados por

$$f_s = AB_{analg} \times 2$$

Sustituyendo nuevamente

$$AB_{min} = c \times AB_{analg} \times 2 \times n_b \times 1/r$$

En el caso de señales digitales bipolares o NRZ en la cuales el valor de $r = 1$ y $c = 1/2$ la ecuación anterior quedaría

$$AB_{min} = AB_{analg} \times n_b$$

En este tipo de señales, el ancho mínimo del canal que transporta a señal digital (y por consiguiente el ancho de banda de la señal digital) es proporcional al ancho de banda de la señal nativa analógica en una proporción determinada por el número de bits por muestra. Como el valor de n_b es siempre positivo y entero, la señal digital precisa en todos estos modelos de mayor ancho de banda que la señal analógica.

Por otra parte sabemos que el bitrate se calcula

$$N = f_s \times n_b$$

También que el número de bits por muestra está relacionado con el número de zonas o niveles L mediante la ecuación

$$n_b = \log_2 L$$

Por tanto la tasa de datos, bitrate o flujo de datos es

$$N = 2 \times AB_{analg} \times \log_2 L$$

medido en bps.

Este sería la tasa máxima de un canal que transporta una señal digital producto del proceso PCM de una señal analógica con ancho de banda AB_{analg}

El ancho de banda mínimo requerido sería

$$AB_{min} = \frac{N}{2 \times \log_2 L}$$

medido en Hz.

16.1. 5 DM: Modulación delta (δ)

La modulación delta se diferencia de la modulación por codificación de pulsos PCM en que ésta localiza el valor de la amplitud de la señal analógica en cada muestra siguiendo a continuación un complicado proceso hasta obtener la palabra codificada, mientras que DM tan solo haya el cambio generado respecto a la muestra anterior.

DM no contempla en su estructura, ni es su objetivo, originar una serie de palabras codificadas. En la modulación delta se crean flujos de bits individuales a partir de la señal original que se transmiten uno tras otro.

La alteración respecto a la muestra anterior puede ser positiva o negativa. En caso de que sea positiva se genera un bit 1, si el cambio es negativo se crea un bit 0.

El modulador en el proceso de cuantificación genera una señal tipo escalera que se ha creado en comparación a la señal nativa analógica. Esta señal escalonada permite comprobar si el cambio entre muestras sucesivas es positivo o negativo.

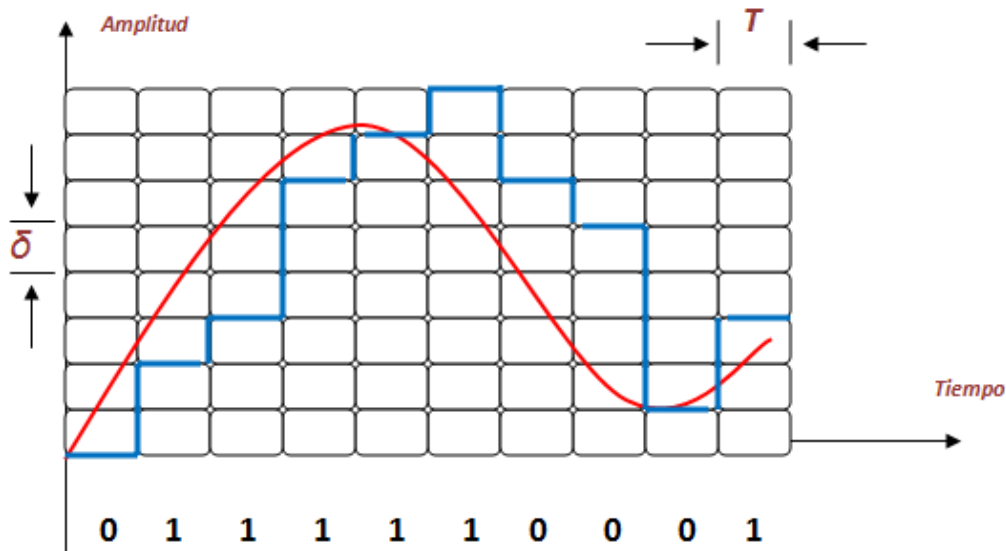


Fig. 106 Modulación delta y generación de la señal tipo escalera

Por tanto, el sistema incluye un dispositivo comparador, cuya función es ponderar los valores de amplitud de la señal analógica y la señal en forma de escalera, de tal forma que pueda comparar, cuantificando, los niveles de amplitud de la señal analógica con el último valor de la señas escalonada. Si como resultado de esta ponderación la amplitud de la señal analógica es mayor que la de escalera, el siguiente bit es 1. Un dispositivo generador de latencia se integra en el conjunto para mantener la función de escalera durante el tiempo que transcurre entre dos comparaciones.

La figura 106 y 107 nos ayudan a comprender el proceso.

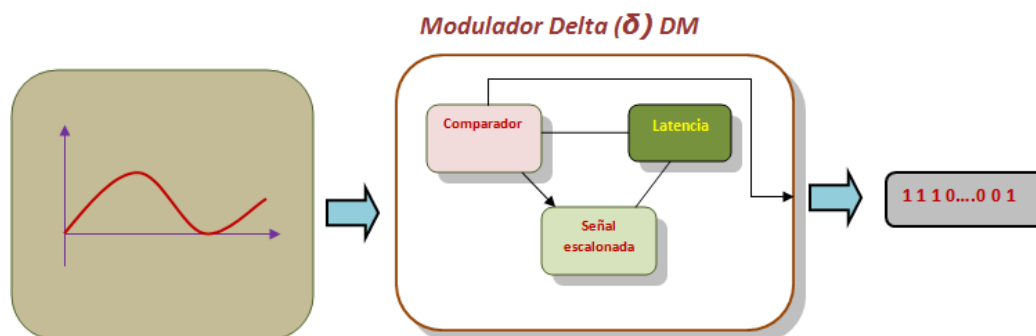


Fig. 107. Proceso de modulación delta de una señal analógica

La transmisión lleva la señal hasta el receptor, donde un dispositivo demodulador recoge los datos binarios para generar, de nuevo, una señal escalonada que servirá de base para reconstruir la señal analógica original. Esta señal escalonada pasa por un filtro de paso bajo para adecuar la frecuencia máxima y mínima a la señal analógica original. En el proceso de producen errores de cuantificación, pero su influencia en el proceso es mucho menor que los que se producen el modelo PCM.

17 Transmisión digital

La transmisión a través de enlace puede realizarse fundamentalmente de dos maneras: en paralelo y en serie. La primera de ellas implica la transmisión de varios bits a cada pulso de reloj. En la segunda tan solo se envía un bit por pulso. Cada una de las dos tiene las siguientes propiedades y características.

17.1 Transmisión en paralelo

Los datos se reúnen en grupos de n bits, al modo de palabras en el lenguaje hablado, siendo los bits las letras que componen cada palabra agrupadas según un orden para tener un sentido. Esta organización de bits en grupos permite enviar varios bits simultáneamente, si bien gracias a que cada grupo de n bits requiere el uso de n cables.

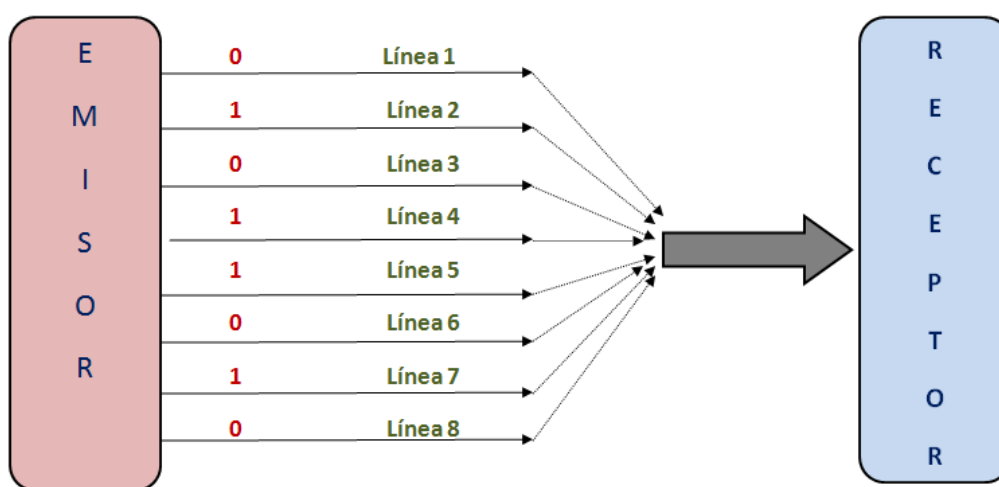


Fig. 108 Transmisión digital en paralelo

Cada bit de cada línea se transmite simultáneamente, si bien las diferentes líneas se agrupan en un solo cable de transmisión que cuenta con conectores en ambos extremos, con el fin de conectarse al dispositivo emisor en un extremo y al dispositivo receptor en el otro.

El factor velocidad de transferencia de datos es una importante característica de este tipo de transmisión en relación a la transmisión en serie que veremos a continuación. Concretamente, la transmisión en paralelo es más rápida que la transmisión en serie en un factor de multiplicación igual al número de líneas que tiene el sistema. En el ejemplo que muestra la figura, se contabilizan 8 hilos, cada uno de los cuales transmite un bit, por lo tanto en este caso la transmisión paralela es 8 veces más rápida que la correspondiente en serie.

El inconveniente viene dado por el coste que lleva asociado este tipo de transmisión, ya que hay que realizar una inversión muy superior a la pertinente en serie. Si trabajamos con n líneas el importe es proporcional a la capacidad

del sistema. Por tal razón, la transmisión en paralelo se ejecuta en distancias muy cortas donde el coste de la infraestructura es menos gravoso.

17.2 Transmisión en serie

En este tipo de transmisión un bit precede inmediatamente al siguiente por un único canal de comunicación o línea. Sin embargo, hay que considerar que en el interior de los sistemas de computación la técnica aplicada es la de transmisión en paralelo, ya que como vimos antes, en entornos reducidos el sistema es perfectamente asumible, rápido y eficiente. Una vez la trama abandona el terminal y antes de alcanzar el canal de enlace, para la transmisión de datos hacia otro dispositivo, el sistema puede migrar a una transmisión en serie.

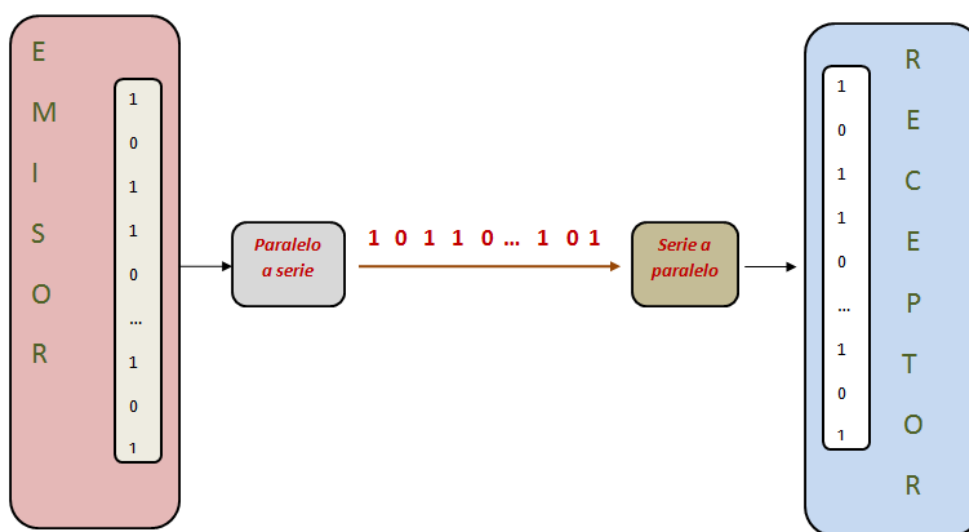


Fig. 109 Transmisión digital en serie

Por esta razón es imprescindible utilizar un conversor de paralelo a serie en el emisor antes de que el flujo de bits entre en el canal de comunicación. Una vez que la información ha alcanzado el dispositivo receptor se produce el proceso inverso, antes de que el flujo llegue al receptor, es decir, la conversión de serie a paralelo mediante la intervención de un dispositivo conversor.

La transmisión en serie se subdivide en tres categorías.

- Transmisión en serie asíncrona
- Transmisión en serie síncrona
- Transmisión en serie isócrona

17.3 Transmisión en serie asíncrona

En este tipo de transmisión en serie los bits se agrupan en conjuntos de ocho elementos denominados bytes. Un byte, por tanto, es la agrupación de 8 bit, por regla general. Es transmitido como una unidad por la línea o canal de comunicación sin obedecer a ningún tipo de patrón temporal.

El sistema de computación emisor entrega a la línea un byte en cuanto está listo para ser enviado, gestionando cada uno de los bytes de forma independiente. No existe sincronización, ni secuencia temporal en la transmisión.

El receptor sin el parámetro temporal como guía de recepción (un byte cada tanto tiempo, por ejemplo) no puede determinar cuándo llegará el siguiente byte. Para alertar al receptor de la llegada de un nuevo byte el emisor añade un bit extra al principio del byte. Este bit de aviso se denomina bit de inicio y habitualmente es un 0.

Del mismo modo, para advertir al receptor que el byte ha terminado, el emisor añade un bit al final de cada byte, aunque en ocasiones este aviso de finalización puede contener más de uno. En todo caso, a este bit de finalización del byte se le llama bit de parada y suele ser un bit 1.

De tal manera que la transmisión asíncrona genera un tamaño de byte particular, con la añadidura del bit 0 de inicio y el o los bits de parada. Ocho bits de información que componen el byte y dos de alerta, al principio y final del conjunto.

Como se apuntó anteriormente, entre byte y byte suele haber intervalos temporales de distinta duración. Estos pueden representarse como un canal vacío o también por una sucesión de bits de paradas sucesivos.

La sincronización que puede generar el receptor viene dada por la estructura de conjunto, es decir, bit de inicio(0), byte (8 bits), bit de parada (1) intervalo en silencio, bit de inicio (0) (byte(8 bits) bit de parada(1) intervalo en silencio, y así sucesivamente. El receptor, al recibir el byte, es decir la carga útil de información que contiene, pone en funcionamiento un temporizador cuya misión es contar los bits a medida que van llegando. Estos bits, por el contrario, sí alcanzan el receptor con una sincronización propia e interna dentro del byte. La transición entre cada bit obedece a un patrón temporal, lo que facilita la labor al temporizador encargado de su detección. Tras haber contado los 8 bits, el receptor espera la llegada del bit de parada. Una vez reconocido el bit de parada, el dispositivo receptor desestima cualquier pulso adicional que pueda recibir, como por ejemplo la sucesión de bits de parada, (1's) y que a veces sustituyen

al silencio de la línea, quedando a la espera de detectar el siguiente bit de inicio (0)

Se denomina transmisión en serie asíncrona porque emisor y receptor no están sincronizados a nivel de byte

La figura 110 nos muestra el proceso.

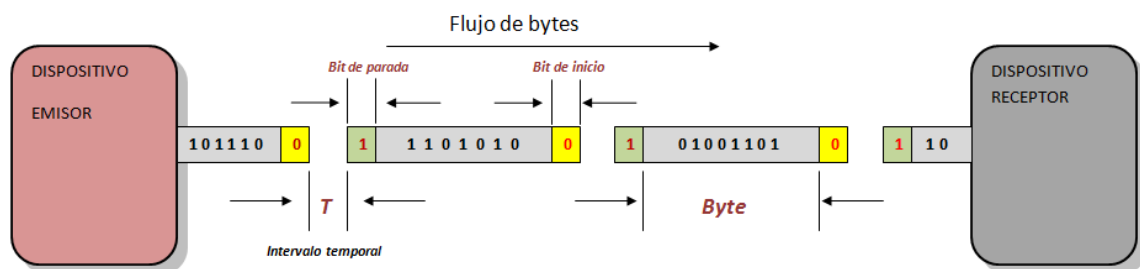


Fig. 110 Transmisión digital asíncrona

El hecho de añadir bits extra a principio y final, así como el hecho de que no exista un patrón temporal convierte a la transmisión asíncrona en un sistema poco ágil en relación a otros desarrollos que no necesitan incluir datos de alerta y que no forman parte de la información de valor. Más bits de control, dan como resultado más ancho de banda y un bitrate no exacto, ya que en él se contienen un número considerable de bits de control, en realidad un 25% del sistema, al menos. Su poca velocidad de transmisión hace útil esta técnica en comunicaciones de baja velocidad, como por ejemplo, la conexión entre el teclado y el ordenador, ya que el usuario teclea un solo carácter cada vez que pulsa el teclado alfanumérico, uno tras otro, hasta completar el mensaje, algo que desde el punto de vista de procesamiento de datos es una comunicación muy lenta, en la que, además, existen unos intervalos temporales imprevisibles en función del ritmo o pausa que adopte el usuario del teclado.

17.4 Transmisión síncrona

Esta técnica implica la creación de tramas que pueden estar formadas un elevado número de bytes sucesivos sin ninguna separación temporal entre ellos.

La transmisión se compone por consiguiente en largas tramas de datos constituidas por series de bits sin separación ni física ni en el tiempo entre cada uno. No se añaden bits de control, ni de inicio ni de parada.

En el lado del receptor, van llegando las tramas. Antes de proceder a la etapa de decodificación, el receptor procede a reorganizar el flujo ininterrumpido de bits para crear grupos de bytes y así extraer la información que el emisor transmitió.

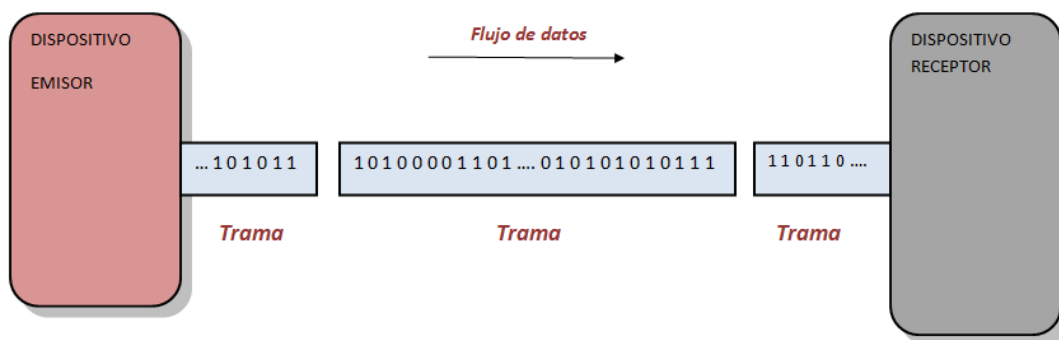


Fig. 111 Transmisión digital síncrona

En algunas ocasiones el emisor puede enviar ráfagas de bytes, separados por secuencias especiales de ceros o unos, secuencias que tienen el significado de intervalo, silencio o vacío.

La importancia de la sincronización interna en la trama tiene que ver con la necesidad de que el receptor pueda computar con facilidad el flujo de bits que recibe y, con ello, generar los grupos de bytes. La duración del intervalo de bit dentro de la trama es un asunto de sumo valor, ya que acompasar el ritmo interno de bits y fijar exactamente la duración del intervalo temporal entre ellos, es fundamental para que el receptor cuente con exactitud los bits que recibe y pueda agruparlos en grupos de 8. La sincronización a nivel de byte se ejecuta en el nivel de enlace de datos.

La principal característica de la transmisión síncrona es la velocidad, en contraposición con la asíncrona, al no tener que añadir bits de control ni al

generarse silencios en la línea, aunque es posible que existan silencios desiguales entre las tramas. Es pues un tipo de transmisión especialmente adecuada para conexiones de alta velocidad, como es el caso de la comunicación entre sistemas de computación.

17.5 Transmisión en serie isócrona

Cuando los silencios desiguales entre tramas constituyen un problema en la recepción que hace inviable la comunicación, es necesario usar la transmisión isócrona, que garantiza la sincronización total de la transmisión y el flujo de bits. A su vez, esta transmisión asegura que los datos lleguen a una tasa fija.

La transmisión isócrona se usa principalmente en comunicaciones de video y audio. Por ejemplo, las imágenes de televisión se distribuyen a una tasa de 25 cuadros por segundo en el sistema PAL. Estas imágenes se han de visualizar a la misma velocidad, 25 cuadros por segundo, sincronizadas entre sí internamente a ese flujo, sin lo cual no sería posible ver la ilusión de movimiento.

17.6 Sincronización

El hecho de que la transmisión sea efectiva y el mensaje enviado por el emisor llegue a su destino está condicionado por la perfecta sincronización entre ambos dispositivos. Es fundamental que el receptor entienda correctamente la información recibida para que el proceso sea eficiente, que decodifique correctamente los datos.

Para ello es preciso un conocimiento lo más exacto posible del momento en que comienza y finaliza cada bit, cada byte o cada trama. Es lo que se conoce como sincronización.

Para llevarla a cabo, el receptor procede a efectuar un muestreo, en instantes predeterminados, de la señal digital que recibe, medición que se ejecuta en relación a una señal de reloj presente en el dispositivo receptor y que está, a su vez, sincronizada con una señal de reloj en el dispositivo emisor. La señal de reloj, por consiguiente, tiene una importancia extrema en la comunicación entre ambos sistemas de computación situados a ambos lados del canal de transmisión, ya que por sí misma constituye el principio esencial de sincronía entre ambos dispositivos y por tanto de la efectividad o fracaso de la transmisión.

Los datos de entrada al receptor se deberían de muestrear a la misma velocidad nominal de entrada de los bits, pero esta técnica corre el riesgo de la desincronización, como vemos en las dos figuras siguientes. Si el muestreo se adelanta o si es demasiado lento se perderán o duplicarán bits, producto de un leve cambio en la duración del bit. Tras una larga secuencia de bits, el error será mucho más grave y la información no podrá recuperarse.



Fig. 112 Muestreo de bit en el receptor que tiende a error

Una solución pasa por un muestreo de velocidad superior a la velocidad de entrada de datos al receptor. Un muestreo rápido certifica la detección del comienzo de cada transición de bit, de 0 a 1 y viceversa, con lo que garantiza una correcta decodificación. La siguiente figura revela esquemáticamente la técnica empleada.

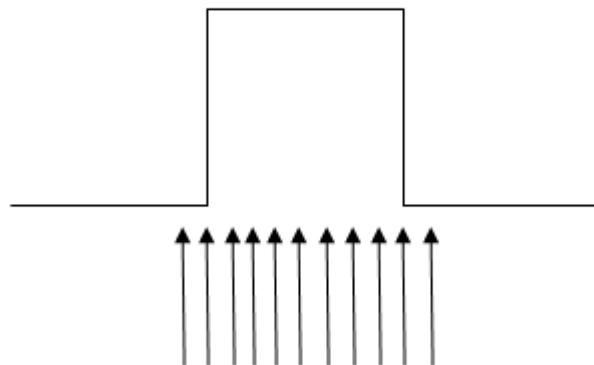


Fig. 113 Muestreo rápido que no induce a error en el receptor

17.7 Jitter

Las variaciones en la duración de cada bit producen la desincronización del sistema, como hemos visto anteriormente. Estas alteraciones temporales en el transcurso del bit se suelen producir durante el proceso de transmisión de manera aleatoria. El efecto indeseado es la decodificación incorrecta de la señal de entrada, dándose con más frecuencia cuando la velocidad de muestreo del receptor es muy baja.

A este efecto se le denomina jitter. La combinación de una baja frecuencia de muestreo con el efecto jitter puede dar lugar a la adicción de un bit extra, como se observa en la siguiente figura.

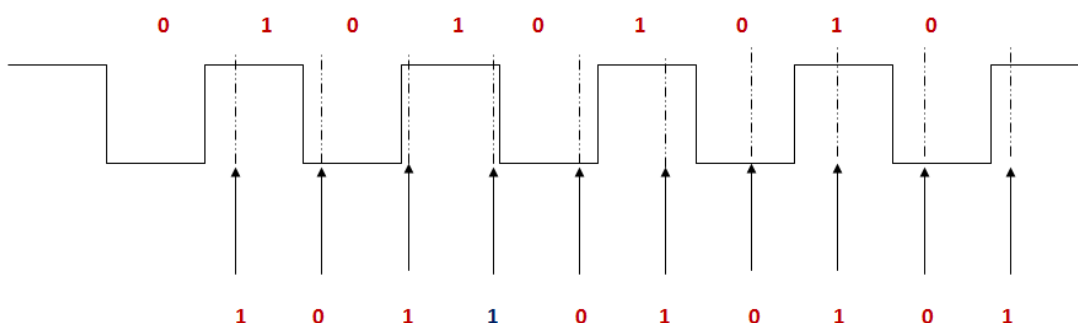


Fig. 114 Efecto Jitter de muestro erróneo en el receptor

Como vemos, en tren de bit en la parte superior de la figura 114 es

0 1 0 1 0 1 0 1 0 1

Sin embargo, si el momento en el que se efectúa el muestreo no está sincronizado con el inicio del bit se produce jitter y el tren de bits que interpreta el receptor es

0 1 0 1 **1** 0 1 0 1 0 1

Con la adicción de un bit 1 extra, producto de un muestreo lento y de error de sincronización. Para evitarlo, se han de emplear velocidades de muestreo mayores, como ya vimos, además de una sincronización sistemática de los dispositivos de reloj de emisor y receptor. Así la sincronización de bit entre ambos sistemas permitirá mantener los relojes de uno y otro acompasados consiguiendo que los bits comiencen y terminen en los instantes determinados previamente.

También es importante conseguir la sincronización a nivel de palabras codificadas, evitando confusiones entre la pertenencia del bit a una determinada

palabra o a la siguiente. Igualmente a nivel de trama, para garantizar la correcta recepción del mensaje en tren de bits mucho más largos.

La señal de reloj o componente de reloj está contenida en la señal de datos y se corresponde con su frecuencia fundamental.

Por ejemplo, en un tren de bit puro en el que se alternan 1 y 0 sucesivamente y en el que el período de entre dos bit es $T = 2 \mu$ segundos, la frecuencia fundamental es

$$f_0 = 1/T = 1/2 \times 10^{-6} = 500 \text{ kHz}$$

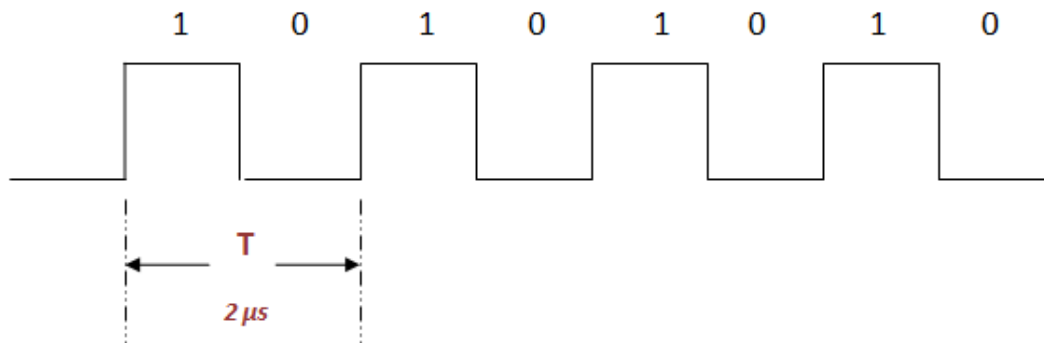


Fig. 115 Duración de bit

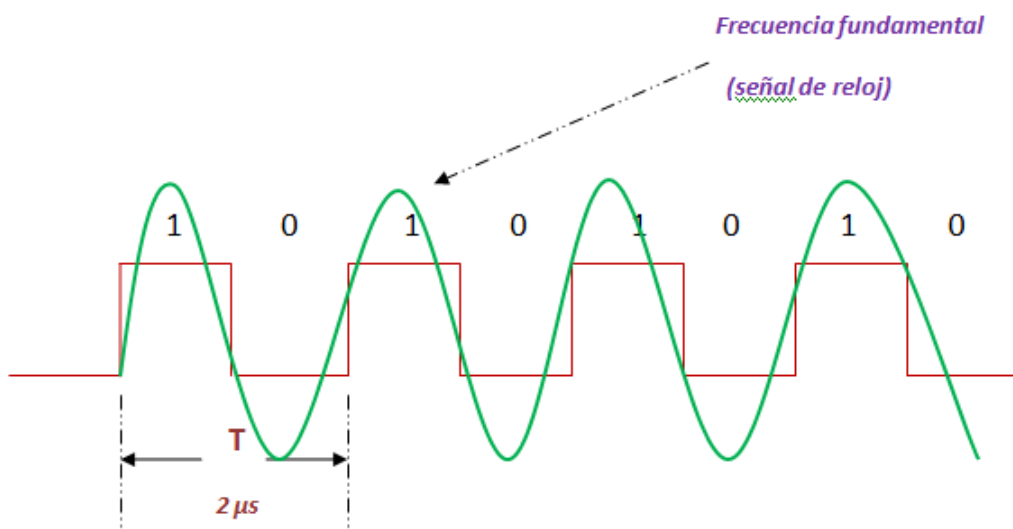


Fig. 116. Duración de bit y frecuencia fundamental

18. TRANSPORTE DE DATOS EN REDES DE COMUNICACIÓN: MODELOS

Una red se compone de una interacción entre equipos de computación y programas informáticos que se alojan en ellos y los gestionan. Es decir una combinación íntima entre hardware y software. El objetivo último de un sistema de redes es la transmisión de datos entre dos puntos, computadoras o servidores. La correcta relación entre máquinas y programas, entre hardware y software, permite resolver problemas con más facilidad que si encomendase esta función únicamente al hardware, al menos en ciertos niveles jerárquicos de operación.

Por ejemplo, el intercambio de información entre dos localizaciones alejadas entre sí consta de varios niveles de acción, en los que en cada uno de ellos se ejecuta un paquete de software diferente. Por tanto, cada uno de esos niveles tiene por sí mismo una función de decisiva en la transmisión de datos entre ambos puntos.

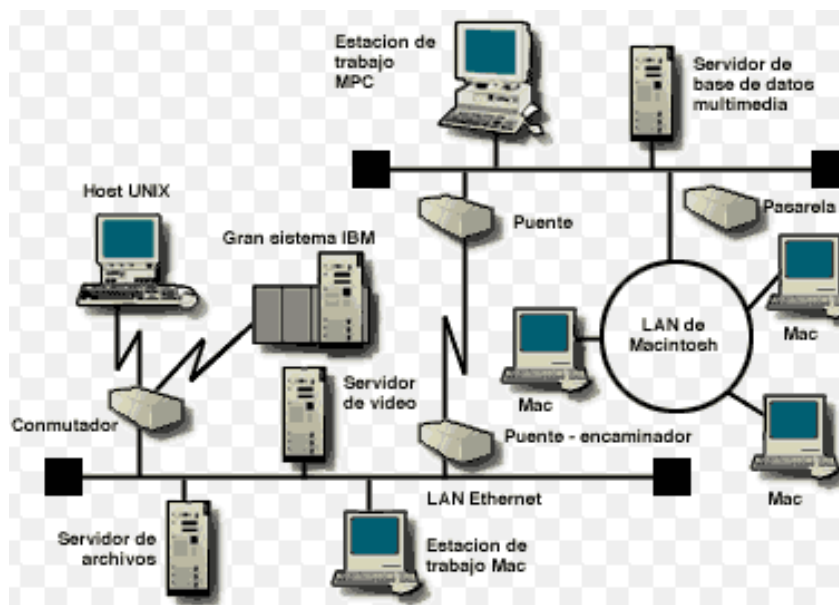


Fig. 117 Red interconectada

18.1 Niveles.

El intercambio de mensajes en el mundo digital es muy similar al correspondiente en el mundo analógico que está presente en nuestra vida diaria. Por ejemplo, el servicio privado de entrega de paquetes, cartas y documentación, más conocido como Courier.

En este ejemplo, en el proceso de envío tiene como protagonistas a un emisor que envía la información, un receptor al que va destinada y un mensajero que es el servicio de entrega, Courier.

En esta arquitectura se contempla una jerarquía de cometidos. Básicamente, se estructura según el esquema de la figura.

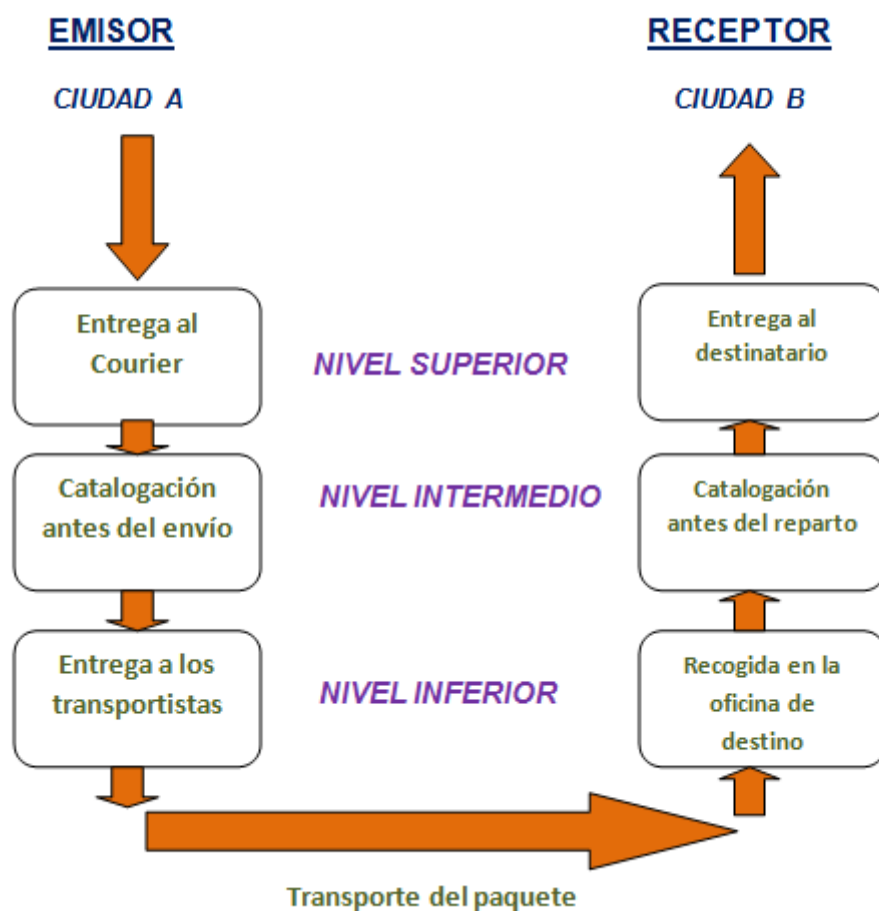


Fig. 118 Niveles de entrega en la vida cotidiana

Como vemos en la figura 118, la comunicación entre emisor y destinatario, consta de tres niveles y tres actividades diferentes en cada una de las dos ciudades. Además existe un nivel de transporte que es el encargado de llevar el paquete de una ciudad a la otra.

Podemos comprobar que en la ciudad del emisor, cada nivel utiliza los servicios de cada nivel inferior, hasta llegar al último nivel que hace uso de los servicios de transporte para alcanzar la ciudad de destino.

En el mundo digital, una arquitectura similar basada en niveles jerárquicos, se impuso durante bastante tiempo. Se trata del modelo OSI, un modelo de interconexión de sistemas abiertos (*Open Systems Interconnection*) Fue determinante hasta principios de los años 90, cuando hizo su aparición Internet y con él el protocolo TCP/IP desplazando definitivamente al modelo OSI.

18.2. OSI

Dejamos pendiente, capítulos atrás, el estudio en detalle del sistema OSI. Ha llegado el momento de analizar el proceso que se produce en la transferencia de datos entre dos terminales digitales, sean computadora, sea un codificador de video y el server de recepción, o sean otra clase de dispositivos conectados.

Un sistema abierto es un modelo de enorme importancia en un mundo globalizado, ya que posibilita que dos sistemas diferentes sean capaces de entenderse, y por tanto de comunicarse entre sí, independientemente de las arquitecturas implementadas en cada uno, convirtiendo a las redes de datos en sistemas dúctiles que facilitan la operación entre diferentes sistemas y entre todo tipos de equipos de computación.

Hay que subrayar que OSI no es un protocolo en sí mismo, sino un modelo de interoperabilidad.

OSI consiste en un prototipo de conexión e intercambio de información de sistemas abiertos, basado en una arquitectura compuesta por 7 niveles de operación relacionados entre sí, con la especificidad de que cada nivel determina una parte del proceso de operación imprescindible para transmitir información entre dos puntos separados a través de una red de comunicación



Fig. 119 Los siete niveles del modelo OSI

Cada nivel especifica una serie de funciones diferentes de la de los otros niveles, lo que proporciona flexibilidad al modelo y convirtiéndolo en un arquetipo eficaz e íntegro, obteniendo con ello el objetivo propuesto como es la compatibilidad entre sistema distintos.

Cada nivel hace uso de las funciones del nivel inferior, aquel que está exactamente debajo de él. Entre sistemas de computación, cada nivel se comunica con el correspondiente en el otro sistema, todo ello basado en

protocolos específicos y mediante una serie de procesos definidos como protocolos o procesos paritarios.

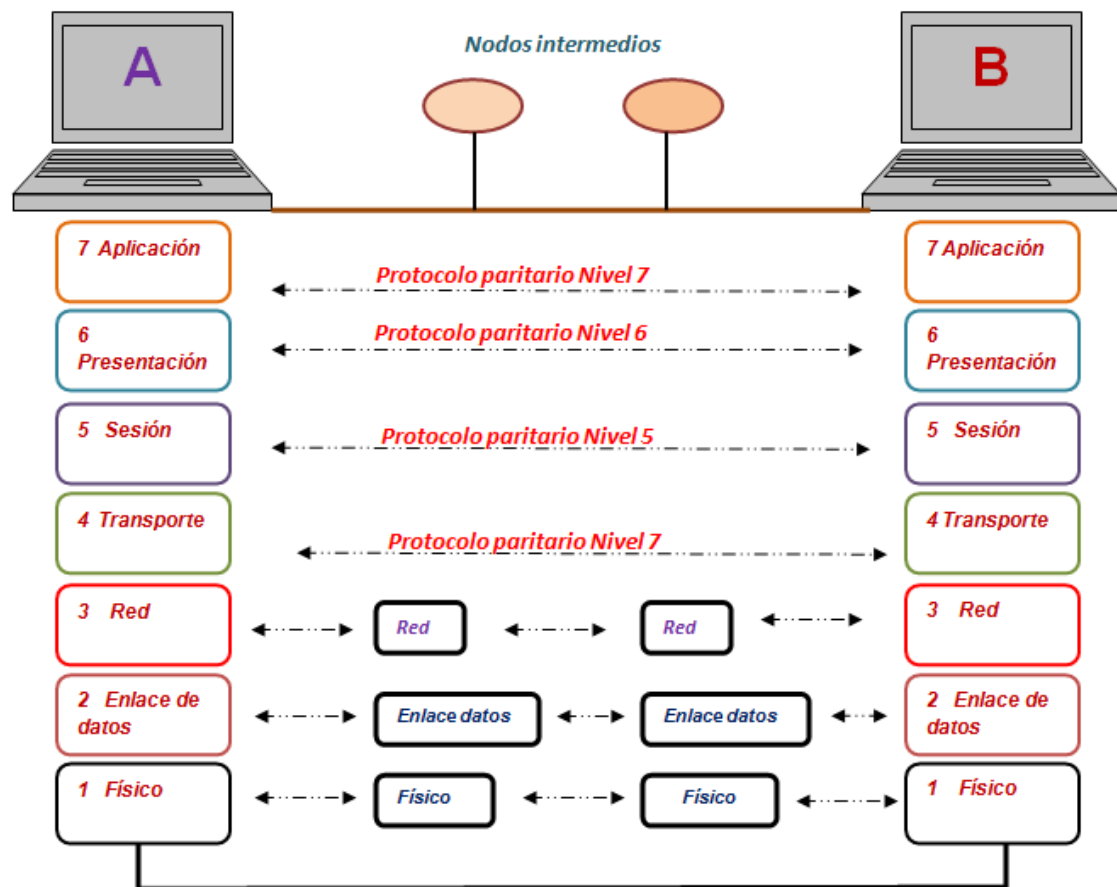


Fig. 120. Interacción de niveles en el modelo OSI entre dos computadoras

En el nivel 1 Físico, la comunicación es directa entre ambas máquinas. La computadora A envía un flujo de datos a la computadora B.

Por el contrario, en los niveles superiores del sistema A la comunicación fluye en sentido vertical hacia los niveles inferiores, de tal manera que al llegar a la máquina B, y superado el nivel Físico, la comunicación toma el sentido inverso de arriba abajo.

Cada nivel en la computadora A añade su particular información al mensaje que ha recibido del nivel inmediato superior para, a continuación, reenviarlo al nivel inferior correspondiente.

Una vez que el mensaje alcanza el nivel Físico se produce un proceso de transferencia mediante la adecuación de la información a un formato que permita la transmisión hasta la computadora de recepción.

En la computadora B el mensaje es extraído en cada uno de los niveles, procesando y eliminando cada nivel la información que tiene como destino ese determinado nivel.

Este particular tránsito de información entre niveles en cada una de las dos computadoras se produce gracias a que entre cada uno de los niveles existe un interfaz. Cada interfaz determina qué información debe de proporcionar cada nivel al inferior en la máquina A y al superior adyacente en la B. Es importante definir con claridad la funcionalidad de cada nivel e interfaz asociado, lo que permitirá configurar la red adecuadamente. En este sentido, es importante considerar cual es el papel de cada nivel, para adecuarlo eficientemente a la red. Este hecho hace posible, además, una modificación de algunas funciones en cada nivel sin necesidad de intervenir en la totalidad de la arquitectura del sistema.

18.2.1. Niveles y subgrupos

Los siete niveles del modelo OSI se dividen a su vez en tres subgrupos.

Los subgrupos son los siguientes:

Subgrupo I

Agrupar a los niveles inferiores, Físico (1), Enlace de datos (2) y Red(3). Estos tres niveles constituyen lo que se denomina soporte de red. Una de su principal función está relacionada con los medios de transmisión aplicados al transporte de datos entre los dos sistemas de computación, que ya conocemos, aire, fibra, cable. Por tanto, es importante resaltar que las especificaciones y características físicas del enlace entran en juego en este subgrupo.

Subgrupo II

Se compone de los niveles denominados Sesión (5), Presentación (6) y Aplicación (7) que son los niveles que se encargan de ofrecer soporte al usuario. El objetivo a cumplir es posibilitar la operación entre sistemas distintos que no tengan relación entre ellos, ni desde el punto de vista de hardware como de software.

Subgrupo III

El tercer subgrupo tiene como único componente al nivel de Transporte (4) cuyo objetivo es asegurar que la transmisión sea fiable entre los dos sistemas de computación.

Es importante destacar que los niveles superiores en el modelo OSI están implementados en software, mientras los niveles inferiores son una combinación de programación y hardware. El nivel físico es hardware.

El proceso de comunicación comienza en el nivel de aplicación, nivel 7, continuando un movimiento descendente de nivel a nivel, de manera secuencial. En cada nivel se añade una cabecera al flujo de datos que recibe del nivel superior, si exceptuamos los niveles 7 y 1. En el nivel 2, Enlace de datos, se añade además una cola.

Una vez que el flujo de datos llega al nivel físico, se adecuan al formato de transmisión que se fundamenta en el envío de señales electromagnéticas por el enlace. Una vez alcanzado el destino, el nivel 1 de la computadora B, la señal electromagnética se vuelve a convertir en digital en sistema binario, en definitiva un tren de bits.

El flujo de datos, entonces, comienza el ascenso hacia el nivel superior de la computadora de destino. En el nivel 2, se elimina cabecera y cola que se añadieron en el correspondiente nivel 2 de la computadora emisora. Así en cada nivel, realizándose en cada uno de ellos las operaciones asignadas en cada caso. Finalmente, el flujo de datos llega al nivel superior, el nivel de Aplicación. En ese instante el formato de la información es el adecuado para ser interpretado y ejecutado por la computadora receptora.

El proceso lo vemos en la siguiente figura:

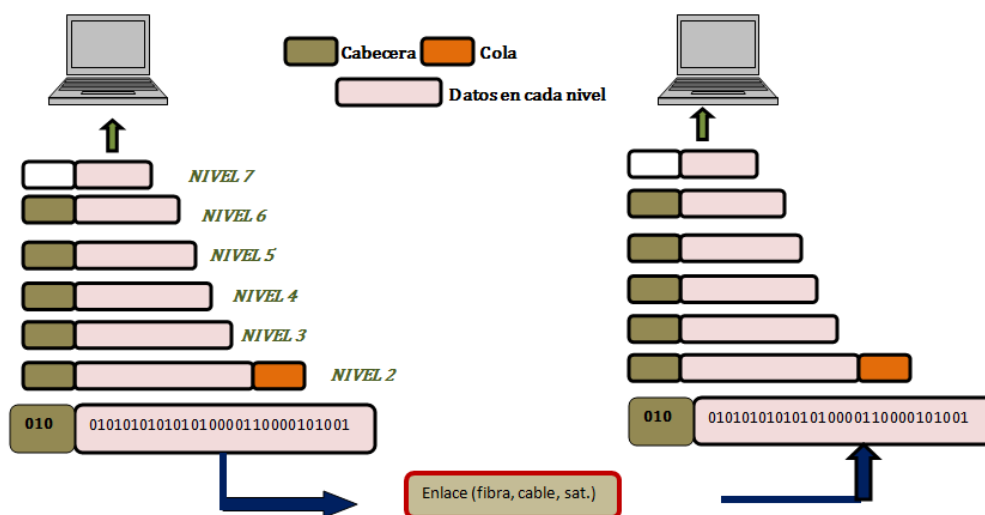


Fig. 121 Proceso de transferencia de datos en el modelo OSI

Observamos que como se apuntó anteriormente, cada nivel consta de cabecera, datos y en algunos niveles, como el 2, cola.

Cada nivel ejecuta una operación denominada encapsulada, que consiste en recoger los datos del nivel superior, sin detenerse a precisar que parte es cabecera, que parte datos o que parte cola, tratándolos como una unidad compacta. El sistema transporta de un nivel N a otro N-1 el paquete completo de información.

18.2.2 Funciones de cada uno de los niveles en OSI.

Analicemos que funciones desarrolla cada uno de los niveles en el modelo OSI, comenzando por el nivel 1, Físico.

- **Nivel Físico.** Define la forma física que toman los datos cuando viajan a través de los terminales de computación. Este primer nivel se encarga de adecuar las condiciones óptimas para el transporte y transmisión de datos por el enlace. Trabaja con las especiales características electromagnéticas que intervienen en la transmisión, así como con las especificaciones físicas del interfaz que interviene en la entrega de datos al medio de transmisión. En este nivel se determinan las funciones y protocolos que han de realizar los dispositivos mecánicos que participan en el proceso. Por eso, en este nivel se sitúan el cableado y el dispositivo concentrador que interconecta terminales. Cualquier elemento físico que transfiera datos, como cable, fibra u ondas electromagnéticas se encuentran en este nivel. Como sabemos, recibe paquetes de información procedentes del nivel 2, nivel Enlace de datos.

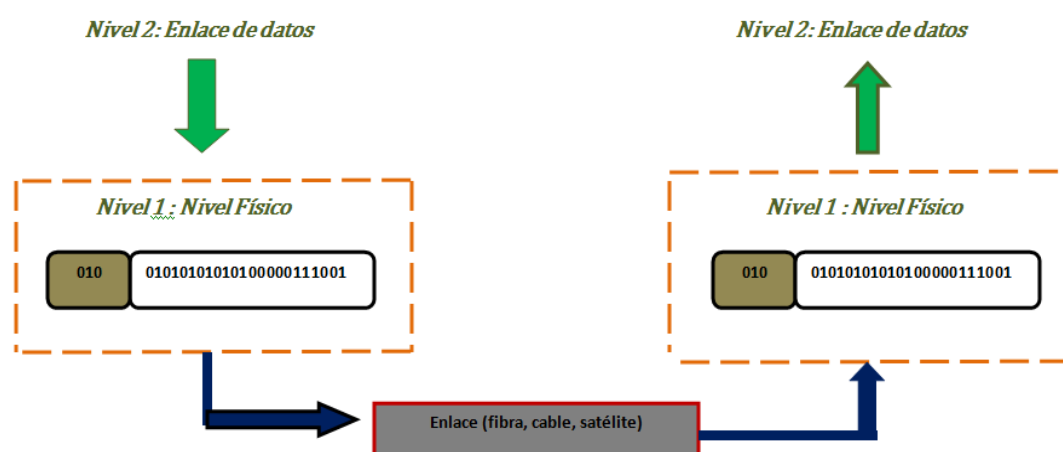


Fig. 122 Nivel Físico en el modelo OSI

En el nivel Físico se realizan una serie de procesos que definen las funciones del nivel. Para empezar es importante conocer cuál será el tipo

de enlace, si la transmisión se producirá a través de un enlace dedicado mediante el cual dos dispositivos se conectan entre sí, o si el enlace será multipunto, es decir que el enlace será compartido por más de uno. En relación a este aspecto, hay que saber qué tipo de topología física es la que une entre sí a los dispositivos que configuran la red, si ésta trabaja en modo malla o estrella, anillo o bus, y si la transmisión será dúplex, semidúplex o simplex. Por otro lado, es necesaria la codificación del flujo de bits que llega al enlace en señales eléctricas, y en el caso de que sean transportados a través de fibras ópticas habrán de ser codificados en señales ópticas. Este nivel Físico determina, por tanto, el tipo de codificación que será utilizada. Es importante, además, precisar cuál será la tasa de transferencia o bitrate, es decir, el número de bits que serán transmitidos por unidad de tiempo, que suele fijarse en un segundo. Este dato implica, por consiguiente, definir el tiempo que dura un bit en el momento de transmitirse. Para que la operación de enlace y transporte de información entre dos dispositivos sea efectiva es necesario que el emisor y el receptor estén sincronizados a nivel de bit, es decir, que sus relojes estén acompasados.

- **Nivel Enlace de datos.** Este nivel hace posible que el nivel Físico y sus características meramente mecánicas y físicas se modifiquen hacia un entorno más seguro y fidedigno, convirtiendo al medio de transmisión en más fiable, apareciendo ante el nivel de red como un medio libre de errores.

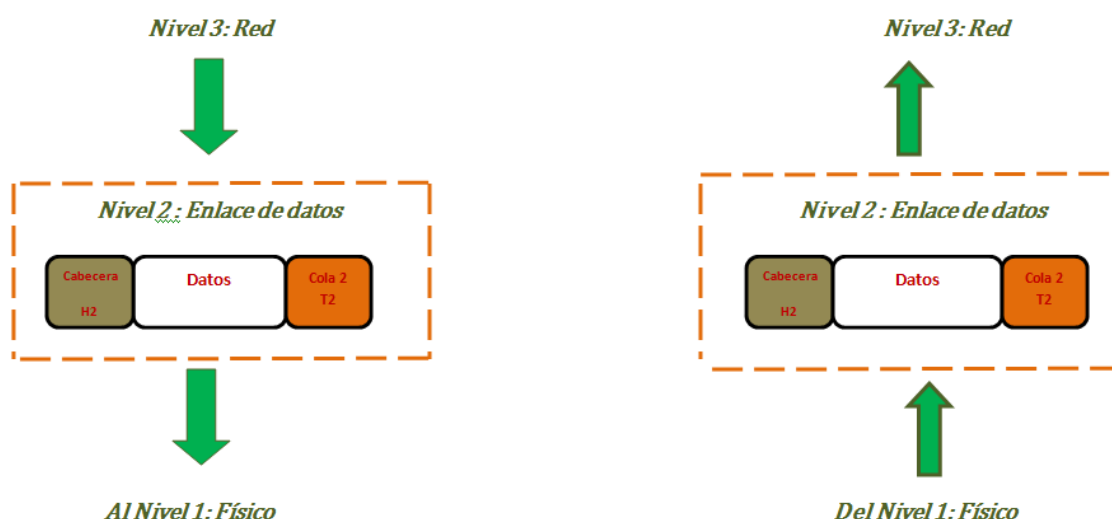


Fig. 123 Nivel Enlace de datos en el modelo OSI

Las principales funciones que desarrolla el nivel 2 son:

- a. **Tramado:** Lleva a cabo un proceso denominado tramado, que consiste en fraccionar el flujo de bits que recibe del nivel de Red para configurar unidades de datos compactas llamadas tramas
- b. **Cabecera de trama** En el momento de distribuir estas tramas por la red, el nivel 2 de Enlace de datos, añade una cabecera a la trama para determinar la dirección de la que proviene la trama, a la que se llama dirección fuente, y la dirección a la que va destinada, denominada dirección destino.
- c. **Control de bitrate** Este nivel procede a un control de tasa de transferencia de datos, de tal forma que si la velocidad de transferencia del receptor es inferior a la del emisor se aplica un mecanismo de control de bitrate para evitar que el receptor se vea desbordado por el flujo de información que recibe.
- d. **Control de errores** El nivel de Enlace de datos hace más fidedigna la transmisión al implantar una serie de mecanismos de corrección de errores, de tal manera que las tramas que no se hayan transmitido adecuadamente o presenten errores, al igual que aquellas que no han llegado a su destino, son retransmitidas nuevamente. Impide mediante la aplicación de mecanismos de control que las tramas se dupliquen, algo que conduciría a la generación de errores indeseables. Todo este proceso de control de errores es posible gracias a la suma de una cola que se añade al final de la trama.
- e. **Control de la conexión** En los enlaces multipunto, en los que varios sistemas de computación se conectan al mismo enlace con la pretensión de enviar sus datos a través de él, los protocolos del nivel 2 de Enlace de datos definen en cada instante que dispositivo tiene en ese momento el control del medio y de qué manera y que tiempo lo ocupará.

El nivel de enlace de datos, entrega la información a los nodos adyacentes los cuales han de enrutar los datos hasta el dispositivo de destino. Este proceso implica la intervención de 3 nodos intermedios que reciben tres entregas. Lo vemos en la siguiente figura, en la que se observa la ruta que lleva la información desde la computadora A hasta las computadoras B y C.

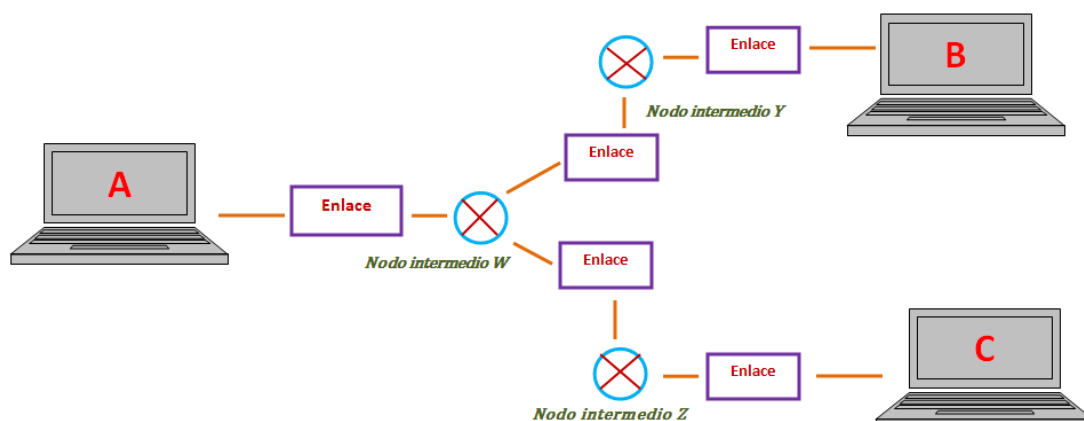


Fig.124. Entrega de datos por el nivel Enlace de datos a los nodos de red

El nivel 2 Enlace de datos en la computadora A comienza enviando una trama a través del enlace al nivel 2 Enlace de datos del nodo intermedio W. Este nodo intermedio W, también conocido como enrutador, envía una nueva trama a los nodos intermedios Y y Z, en concreto a sus niveles de Enlace de datos. Estos enrutadores intermedios envían una nueva trama a los niveles de Enlace de datos de las computadoras B y C. Decimos nuevas tramas porque en cada proceso se añaden datos a la trama original como, por ejemplo, datos la cabecera con referencia de origen y destino de la información. Así, la primera trama tiene como origen la computadora A y destino el nodo intermedio W; la segunda tiene origen en el nodo W y destino el nodo Y y el nodo intermedio Z. La información de las cabeceras que se van creando a lo largo del proceso puede variar si se incluye la corrección de errores.

La tarjeta NIC (Network Interface Card) que sirve de interfaz entre el sistema de computación y la red y que contiene el identificador exclusivo de la computadora o dispositivo, para que los datos se entreguen al sistema correcto, se sitúa en este nivel.

En el interior de cada NIC está grabado en un chip ROM, un identificador único con un valor de 48 bits denominado dirección de control de acceso al medio o dirección MAC. No hay dos NIC con la misma dirección MAC. La NIC tiene la dirección MAC en notación hexadecimal, con 12 caracteres. Por ejemplo, 00-40-05-60-7D-49. Los seis primeros dígitos representan el número del fabricante de la NIC. Una vez que el IEEE concede esos dígitos nadie más puede usarlos. Los seis últimos dígitos son el número exclusivo de serie para la NIC en cuestión.

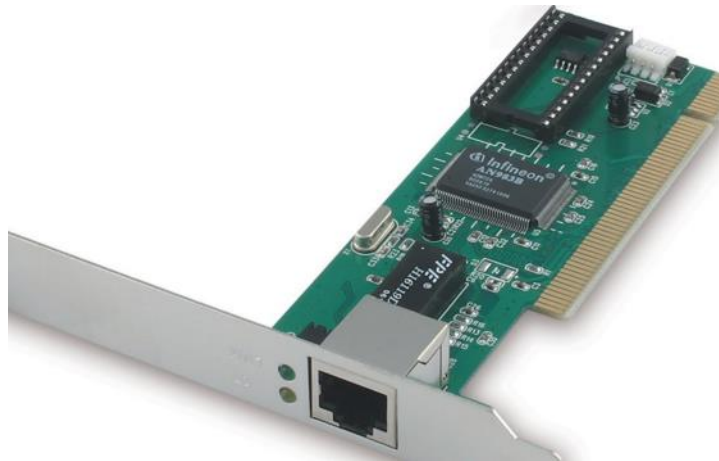


Fig. 125. NIC en un sistema de computación

- **Nivel de red**

Es posible que los paquetes de datos hayan de ser transportados desde un dispositivo a otro, situado éste en una red diferente a la red en que se sitúa el dispositivo emisor u origen. En estos casos en los que la información ha de fluir por múltiples redes hasta alcanzar el dispositivo receptor o destino, el nivel 3, Nivel de red, es el responsable de que los paquetes de datos alcancen su objetivo final.

El nivel de red asegura por consiguiente el flujo entre origen y destino, a pesar de que los dispositivos de inicio y fin estén conectados a diferentes enlaces o redes. Una de sus principales funciones está relacionada con el direccionamiento lógico, que consiste en añadir suficiente y valiosa información a la cabecera de cada trama, procedente del nivel superior, como para cruzar la frontera de la red local y adentrarse en otras redes con la seguridad de que los datos añadidos a la cabecera alcanzarán el dispositivo receptor. En definitiva, agregar las direcciones lógicas del emisor y del receptor.

Cuando se da la circunstancia de que varias redes independientes se unen para constituir un complejo sistema de redes, como por ejemplo es internet, aparecen en escena los dispositivos de conexión entre las redes que se denominan encaminadores o pasarelas y cuya función, como parece indicar su calificación, es encaminar los paquetes hasta el dispositivo receptor. El nivel de red provee de los mecanismos adecuados para que el proceso descrito se ejecute con éxito.

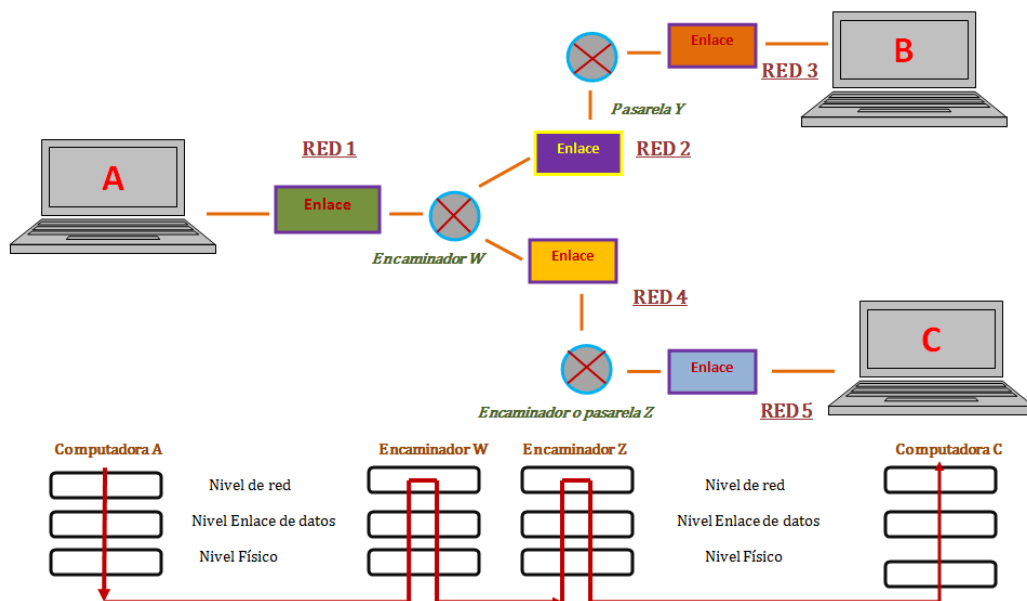


Fig. 126 Relación entre encaminadores y Nivel de Red en el modelo OSI

Como vemos en la figura, y más concretamente en parte inferior de la misma, el nivel de red de la computadora A envía a través del enlace de la RED1 los paquetes de datos al Encaminador (router) o Enrutador W que determina hacia donde encaminar la información, según una tabla de encaminamiento que posee que le dice que el siguiente punto es el sistema intermedio Z. El nivel de red del sistema W, añade datos a la cabecera del paquete y lo encamina hacia el siguiente punto, la pasarela o Encaminador Z entrando en la RED 4. Una vez, alcanzado el sistema Z, el nivel de red de éste hace lo propio y añade datos a la cabecera del paquete, encaminándolo posteriormente a través de la RED 5 hacia el nivel de red de la computadora destino C.



Fig. 127 Encaminador o Router que actúa en el nivel de Red

En definitiva varias redes distintas (RED 1, RED 4, RED 5) y varios dispositivos y sistemas intermedios entran en juego en este ejemplo (computadora A, Encaminador W, pasarela Z, computadora C) El mismo proceso

transporta paquetes de datos desde la computadora A hasta la computadora B, ambas operando en diferentes redes.

- **Nivel de transporte**

Hasta el momento, el flujo entre los dispositivos origen y destino se ha limitado a la entrega de paquetes individuales, gracias a la intervención de los niveles 1, Físico, 2 Enlace de datos y 3 Nivel de red, sin bien, en ningún momento los niveles que han participado en la transmisión han tenido en consideración si los paquetes formaban parte de un todo.

Es el nivel de transporte el que se encarga de la entrega desde un punto origen a otro destino del mensaje, entendiendo éste como el conjunto de tramas y paquetes que en su conjunto tienen sentido.

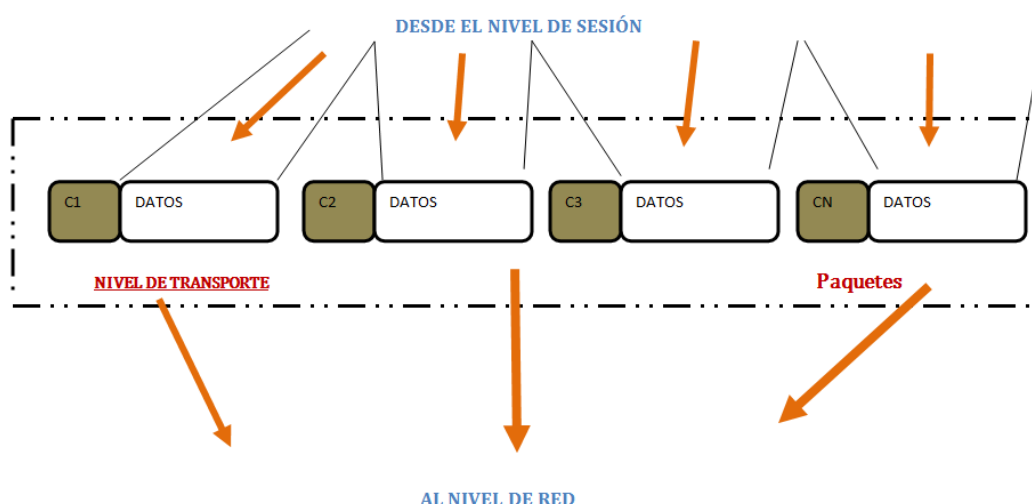


Fig. 128 Nivel de transporte en el modelo OSI

Algunas funciones que forman parte de las responsabilidades del nivel de transporte son.

- a. Encaminamiento a la dirección de puerto.

En realidad, en la mayoría de las ocasiones los dispositivos están ejecutando varios programas a la vez, por lo que es preciso no solo entregar los mensajes, sino que además es necesaria la entrega de los procesos definidos que intervienen en la ejecución de un programa desde el punto de origen en la computadora A hasta la computadora destino B.

Por tanto, la cabecera que se añade a cada paquete en el nivel de transporte, incluye una dirección precisa llamada dirección de puerto o dirección de punto

de servicio. En definitiva, el nivel de transporte encamina el mensaje entero al proceso de ejecución de programa exacto de la computadora de destino.

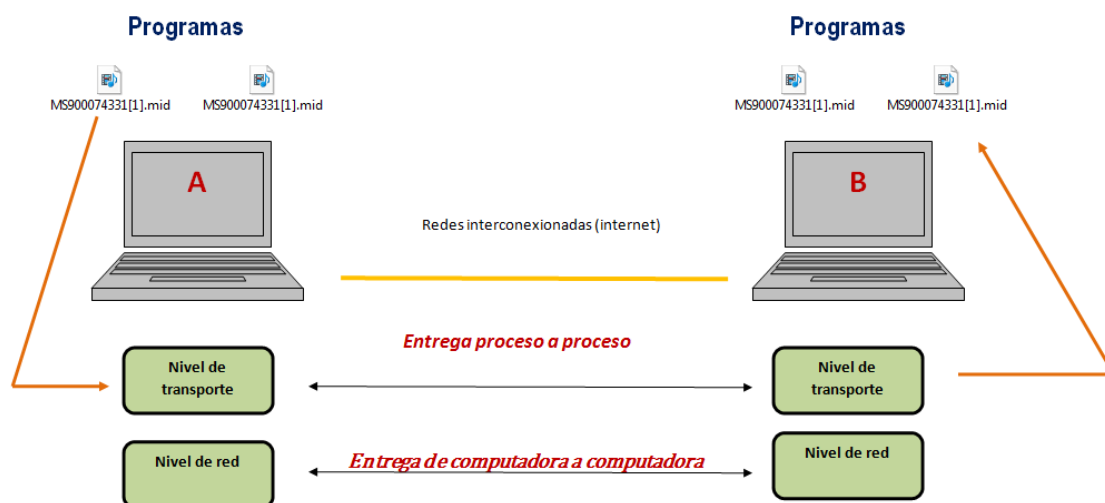


Fig. 129 Entrega del mensaje entre computadoras en el Nivel de Transporte

b. Segmentación.

Cada mensaje, como apuntamos anteriormente, es el conjunto de una serie de paquetes de datos, cada uno de los cuales contiene un cierto número de secuencias. Una de las características de estos paquetes es pueden ser transmitidos individualmente, como vimos en su momento.

En el destino, el nivel de transporte re-ensambla la segmentación que se produjo en origen, gracias a la identificación de los paquetes, sustituyendo aquellos que no alcanzaron su destino.

c. En conexión/sin conexión.

El nivel de transporte puede tratar los datos dependiendo de qué tipo de orientación en la conexión tenga con el dispositivo de destino.

Así, un nivel de transporte orientado a la conexión en el dispositivo de origen dispone un enlace con el nivel de transporte del dispositivo de destino antes de proceder a la entrega de ningún mensaje. Una vez realizada la totalidad de la transferencia de información, la conexión entre ambos dispositivos se interrumpe.

Por el contrario, un nivel de transporte en el sistema emisor y que no está orientado a la conexión maneja cada segmento como un paquete independiente de datos, transfiriéndolo al nivel de transporte del sistema receptor.

d. Control de la tasa de transferencia.

Este nivel también es responsable del control de transferencia de datos entre las máquinas emisora y receptora, produciéndose un registro de extremo a extremo, siendo más exhaustivo que el nivel de enlace de datos que también es responsable del flujo de datos entre los dos dispositivos.

e. Control de errores

Este nivel también cuenta entre sus funciones el control de los posibles errores que se produzcan en la transferencia de datos. De nuevo, la inspección se produce de extremo a extremo y no solo en un único enlace, como ocurre en el nivel de enlace de datos. Es decir, el nivel de transporte ratifica que la totalidad del mensaje ha alcanzado el nivel de transporte del sistema receptor sin que se hayan producido errores, como pérdidas de paquetes, duplicaciones en los envíos o daños estructurales en la composición del mensaje. Como hemos visto, el sistema emisor corrige los errores mediante el reenvío de la información deteriorada o extraviada.

- **Nivel de sesión.**

Este nivel hace posible que dos sistemas, emisor y receptor, establezcan un diálogo entre sí, constituyéndose como garante del diálogo en la red. Por consiguiente entre sus cometidos se encuentran el hecho de fijar, mantener y sincronizar la actividad entre los correspondientes sistemas de comunicación.

Así, este nivel posibilita que la comunicación entre dos procesos se pueda realizar en modo semi-duplex o full-duplex.

Para que el diálogo entre dispositivos sea eficiente, el nivel de sesión añade puntos de sincronización o checkpoints al flujo de datos. Esto permite, comprobar (chequear) que la transmisión está siendo efectiva y correcta puesto que, a lo largo de la misma, se intercalan los puntos de sincronización que aseguran que los segmentos entre los que se intercalan los checkpoints se han recibido correctamente, manteniendo el flujo de transmisión según lo previsto. En caso de que se produjesen errores, éstos están fácilmente localizados gracias a los puntos de sincronización por lo que el reenvío de datos se limita al segmento en el cual se ha detectado el fallo.

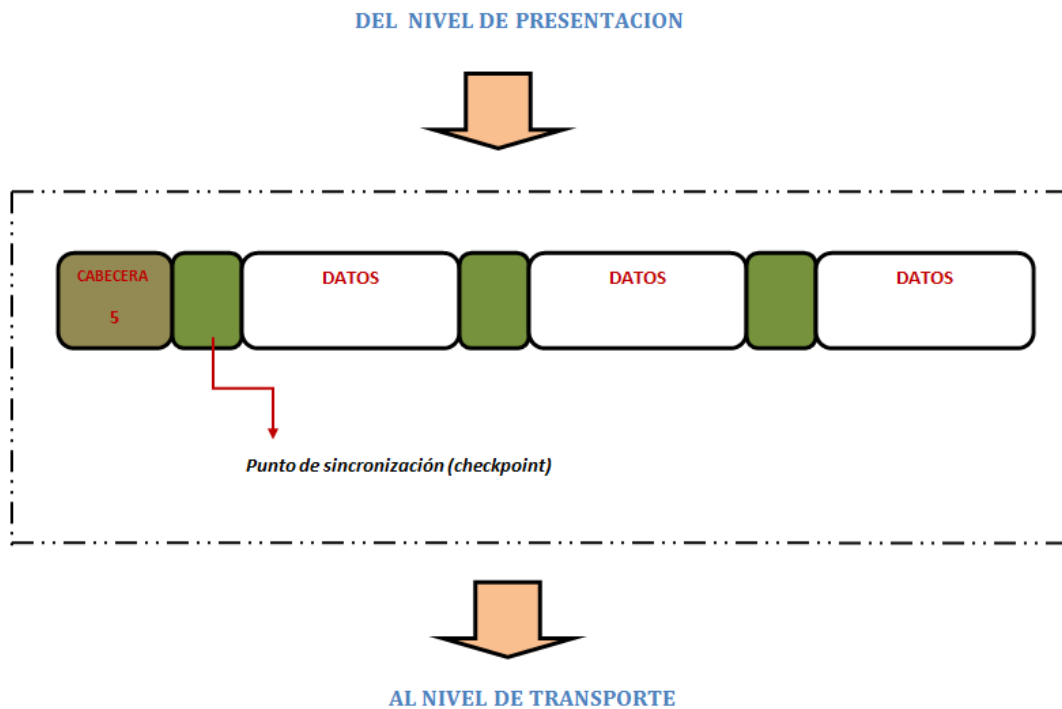


Fig. 130 Nivel de sesión en PSI y checkpoint

- **Nivel de presentación**

Este nivel tiene como principal cometido la adecuación de la sintaxis y la semántica en la información que fluye desde un dispositivo a otro.

Por tanto, los programas que se están ejecutando en las computadoras intercambian la información en distintas formas, tanto numéricas como geométricas, por lo que es imprescindible trasladar esta información a bits antes de proceder al envío.

Pero cada sistema usa diferentes técnicas de codificación por lo que es indispensable alcanzar un compromiso de operatividad entre los distintos métodos de codificación. Esta es una de las principales funciones del nivel de presentación. Por lo tanto, se encarga de permutar la información que posee el sistema emisor a un formato que sea común para todos los dispositivos. Una vez alcanzado el dispositivo de destino, el nivel de presentación de la máquina receptora ejecuta el proceso inverso, convirtiendo el formato común al lenguaje concreto de la máquina receptora.

Pero también es importante proteger la información que se envía por la red de posibles usos indebidos. Es sustancial que el sistema sea capaz de encriptar los datos para garantizar su carácter reservado. El nivel de presentación, transforma la información original a un formato cifrado antes de transmitirla. El sistema

receptor, en su nivel de presentación, ejecuta el proceso contrario, gracias a los códigos de descriptación que posee, restituyendo el mensaje original.

Por otro lado, es posible minorar el flujo de datos a través de un proceso de compresión, especialmente conveniente cuando el peso de la información es muy elevada, como es el caso de la transmisión de video, audio y texto.

- **Nivel de aplicación**

El nivel de aplicación hace posible el acceso a la red, bien sea un usuario el que accede o sea un software el que entra.

Para resolver el acceso de manera efectiva, el nivel de aplicación facilita el interface al usuario así como los fundamentos precisos para los distintos servicios, como a-mail, transferencia de información remota, gestión repartida entre varios sistemas y otros.

En este nivel no se añade ninguna cabecera al paquete de datos.

Lo vemos en la figura

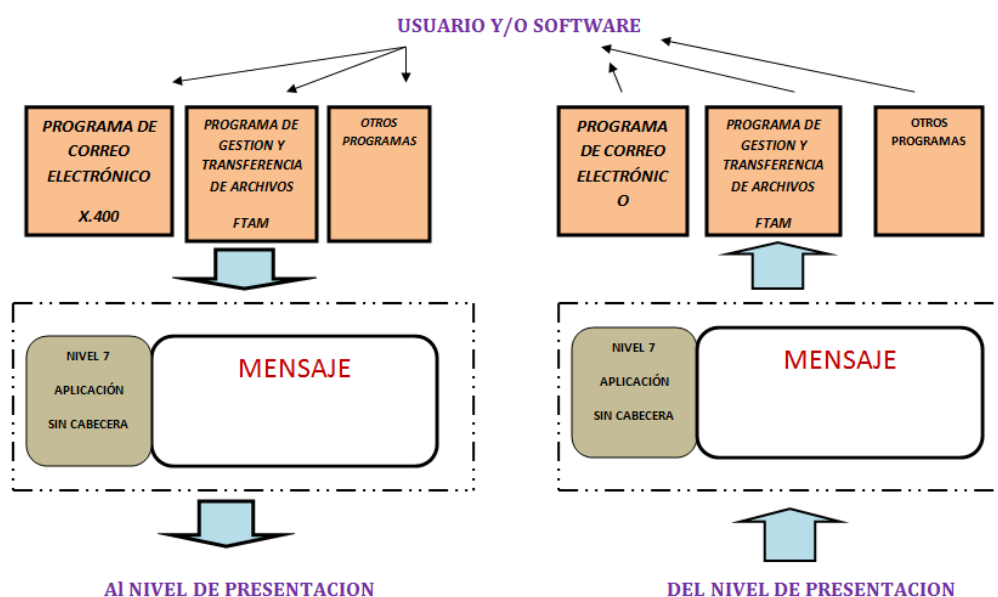


Fig. 131 Nivel de aplicación en el modelo OSI

Entre los principales servicios que proporciona el nivel de aplicación se encuentran los siguientes:

- f. **Terminal remoto.** Terminal virtual de red, que es una versión de un terminal físico. El usuario mediante este servicio puede acceder a un dispositivo remoto, para lo cual el nivel de aplicación genera un

programa que imita un terminal en el computador remoto. El sistema real dialoga con el terminal ficticio, el cual a su vez se comunica con el que le está alojando, es decir, el dispositivo remoto cree que es uno de sus terminales en red por lo que le permite operar.

- g. **Correo** Servicios de correo y directorios. Ambos son aplicaciones relacionadas con el envío y almacenamiento de correo, y con el acceso a bases de datos que contienen información sobre otros servicios y objetos.
- h. **FTAM** (File Transfer, Access and Management) En la mayoría de las ocasiones tanto el usuario físico como los programas instalados en la computadora han de interrelacionarse con otros programas y archivos situados en dispositivos remotos con el objeto de llevar a cabo múltiples funciones, desde leer datos hasta gestionar los archivos situados en el sistema remoto. La aplicación FTAM permite desarrollar todos estos procesos.

Vemos un resumen del sistema OSI en la siguiente tabla:

| NIVEL | NUMERO | CARACTERÍSTICAS | OBSERVACIONES |
|---------------------|----------|---|--|
| Aplicación | 7 | <p><i>Proporciona servicios a los usuarios.</i></p> <p><i>Proporciona acceso a la red.</i></p> <p><i>Proporciona interface de usuario para diferentes servicios, como correo y FTAM</i></p> | <i>No añade cabecera a los paquetes</i> |
| Presentación | 6 | <p><i>Responsable de la sintaxis y semántica de la información entre dos dispositivos.</i></p> <p><i>Funciones de transporte, compresión y cifrado de datos.</i></p> | <i>Maneja la interoperabilidad entre diferentes métodos de codificación.</i> |
| Sesión | 5 | <i>Controla el diálogo en la red, estableciendo y sincronizando la interrelación entre</i> | <i>Añade checkpoints o puntos de sincronización</i> |

| | | | |
|------------------------|----------|---|--|
| | | sistema de comunicación. | |
| Transporte | 4 | <i>Encargado de la entrega de un mensaje y proceso de origen a destino.</i> | <i>Incluye en la cabecera dirección de puerto o punto de servicio</i> |
| Red | 3 | <i>Su principal función es la entrega de paquetes individuales entre dos sistemas conectados a distintas redes.</i> | <i>La cabecera añade las direcciones lógicas de emisor y receptor. Proporciona enrutadores o pasarelas.</i> |
| Enlace de datos | 2 | <i>Se encarga del movimiento de tramas entre nodos hasta alcanzar el destino.</i> | <i>Crea tramas; controla el flujo de bits, controla errores y control de acceso.</i> |
| Físico | 1 | <i>Responsable del movimiento de bits individuales entre nodos hasta alcanzar el destino.</i> | <i>Define el tipo de codificación y el bitrate, así como la sincronización de bits</i> |

18.3 Protocolos TCP/IP

TCP/IP (*Transmisión Control Protocol/Internet Protocol*) y el conjunto de protocolos asociados fue desarrollado antes que el modelo OSI.

El primer protocolo TCP/IP tenía 4 niveles:

- 1.- Sistema a red
- 2.- Internet
- 3.- Transporte
- 4.- Aplicación

Veamos una tabla que nos permite comparar las funciones de estos cuatro niveles con los 7 niveles OSI

| TCP/IP de 4 niveles | MODELO OSI | OBSERVACIONES |
|---|------------------------------|---|
| Nivel 1. <i>Sistema a red</i> | <i>Nivel Físico</i> | |
| | <i>Enlace de datos</i> | |
| Nivel 2. <i>Internet</i> | <i>Nivel de red</i> | |
| Nivel 3. <i>Transporte</i> | <i>Nivel de sesión</i> | <i>El nivel de transporte en TCP/IP se encarga de parte de las funciones del nivel de sesión en OSI</i> |
| Nivel 4. <i>Aplicación</i> | <i>Nivel de sesión</i> | <i>La otras funciones del nivel de sesión en OSI son asumidas por el nivel de aplicación en TCP/IP</i> |
| | <i>Nivel de presentación</i> | |
| | <i>Nivel de aplicación</i> | |

La evolución del protocolo TCP/IP ha permitido fijar en cinco sus niveles, teniendo una correlación con el modelo OSI en los cuatro primeros niveles, siendo el quinto, el nivel de aplicación, el que agrupa los tres niveles superiores de OSI, sesión, presentación y aplicación.

| <u>Modelo OSI</u> | <u>TCP/IP 5 niveles</u> | <u>Aplicaciones</u> |
|------------------------|--------------------------------------|--|
| Aplicación | Aplicación | SMTP |
| | | FTP |
| | | HTTP |
| Presentación | Aplicación | DNS, |
| | | SNMP |
| Sesión | | TELNET |
| Transporte | Transporte | SCTP |
| | | TCP |
| | | UDP |
| Red | Interconexión- Red (internet) | ICMP |
| | <u>Protocolo IP</u> | IGMP |
| | | RARP |
| | | ARP |
| Enlace de datos | Enlace de datos | Protocolos definidos por las redes adyacentes |
| Físico | Físico | |

18.3.1 Nivel de red en TCP/IP. Protocolo IP

Como vemos en el esquema anterior, el nivel de red en el protocolo TCP/IP se denomina también nivel de interconexión, y en él se encuentra el Protocolo de interconexión IP que incluye otros cuatro protocolos de base, como son ICMP, IGMP, RARP y ARP.

El Protocolo de interconexión IP es un dispositivo de transmisión, no fiable y no orientado a conexión, siendo un servicio denominado *de mejor entrega posible*. Esta calificación quiere decir que IP no entrega ningún tipo de verificación, como tampoco realiza una búsqueda de errores, admitiendo la no fiabilidad de los niveles Físico y Enlace de datos.

La transmisión IP se compone de unidades independientes llamadas datagramas que son transportadas por múltiples caminos, alcanzando el sistema de destino sin el mismo orden con que salieron del dispositivo emisor, y muchas veces duplicados. Al ser un protocolo no fiable, IP no tiene control sobre las rutas por las que se transportan los datagramas, ni puede proceder a una reordenación de los mismos en el dispositivo final.

Sin embargo, IP es un sistema flexible lo que permite añadir especificaciones particulares en aplicaciones determinadas.

Analicemos en primer lugar la interconexión de redes.

En primer lugar hay que apuntar que los niveles inferiores, Físico y Enlace de datos de una red trabajan a nivel local. Ambos tienen la responsabilidad de entregar los datos en la red de un nodo al siguiente hasta alcanzar el host de destino.

La interconexión entre redes se hace a partir de cinco redes. Cuatro LAN y una WAN.

Lo vemos en la siguiente figura

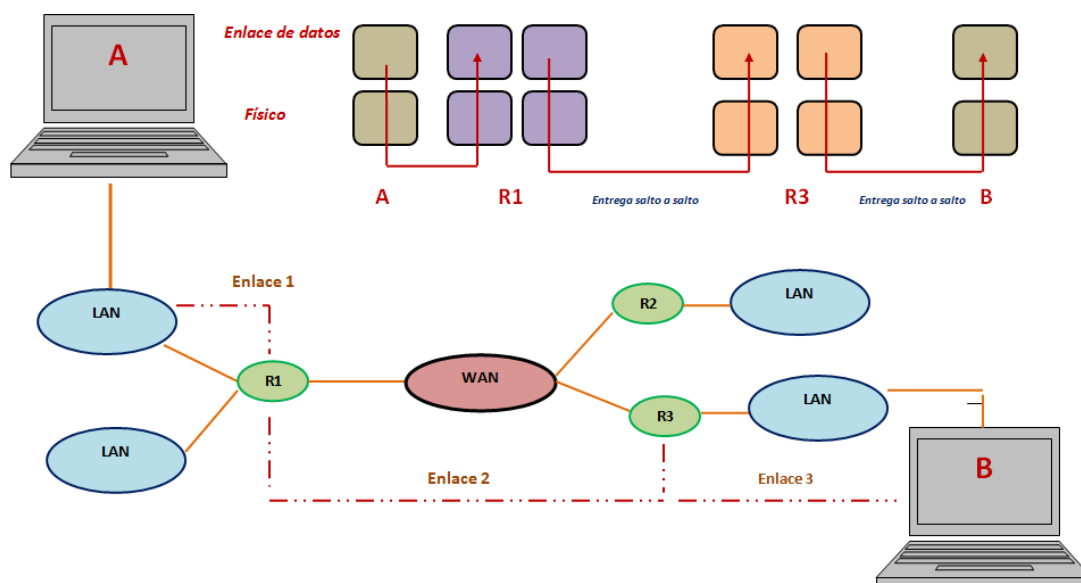


Fig. 132 Interconexión entre redes LAN y WAN

Observamos que para enviar un paquete de datos desde la computadora A la computadora D, en primer lugar debe de dirigirse hacia la pasarela R1 y de allí ser transmitido al Encaminador R3 para alcanzar definitivamente la computadora D. El paquete de datos pasa por el encaminador R1, el Encaminador R3, transitando por 3 enlaces, el que une la LAN con R1, en que une los dos encaminadores R1 y R3 y el último que el encaminador R3 con la computadora B a través un una LAN.

El hecho de que tanto para las LAN como las WAN la entrega de un paquete de datos representa únicamente transportar la trama a través de un enlace, y considerando que en el nivel de Enlace de datos no existe ningún tipo de información añadida que ayude a las pasarelas a encaminar correctamente la información, ha llevado a la necesidad de proyectar el nivel de interconexión de redes. Este es el encargado de la entrega host a host, y del correcto encaminamiento de las tramas a través de las pasarelas presentes en la redes.

Es decir en el esquema anterior, es preciso añadir el nivel referido, quedando de la siguiente forma el encaminamiento de las tramas a través de las pasarelas presentes en la redes.

Es decir en el esquema anterior, es preciso añadir el nivel referido, quedando de la siguiente forma

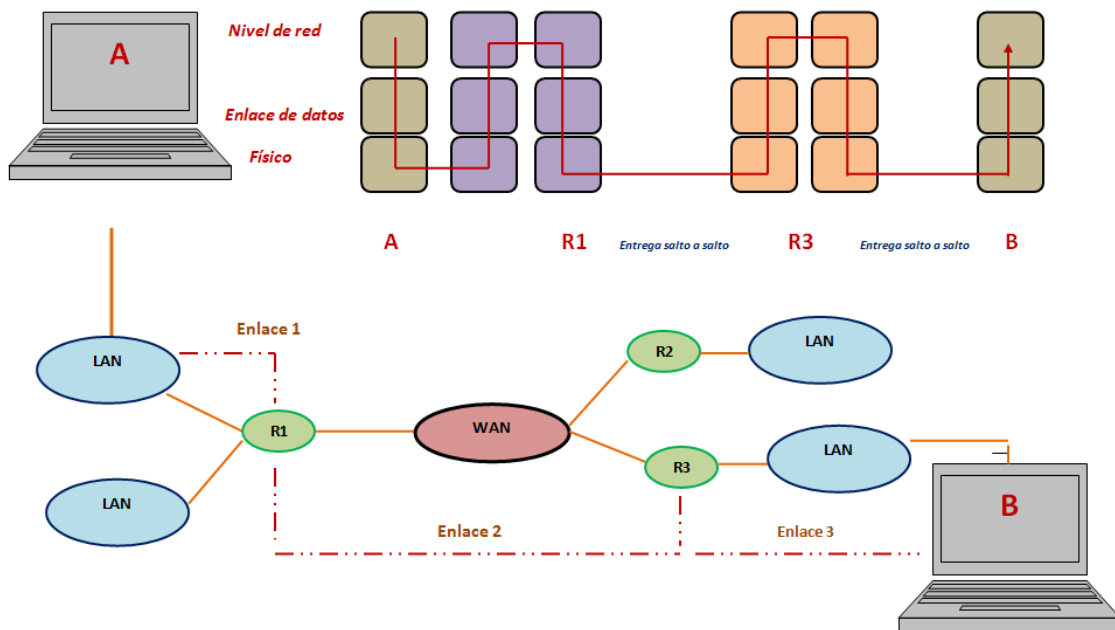


Fig. 133 Interconexión de redes en TCP/IP en Nivel de Red.

¿Cómo es el proceso de entrega de datos, entrando en juego estos tres niveles: red, enlace de datos y físico?

En la computadora origen, se genera un paquete a partir de los datos procedentes de otros niveles o protocolos superiores, como el nivel de transporte, o el protocolo de encaminamiento cuando llegan los paquetes a los encaminadores.

La cabecera del paquete incluye una serie de datos, entre los que se encuentran las direcciones lógicas de los dispositivos o computadoras de origen y destino. En el momento de formar el paquete definitivo, el nivel de red ha de consultar con su tabla de encaminamiento ya que de encontrar la interfaz de salida del dispositivo y la dirección del primer nodo, o del siguiente en el caso de que se trate de un encaminador.

Si el paquete IP fuese demasiado grande, se procede a su fraccionamiento.

Vemos el proceso en una computadora origen y en un encaminador en los dos siguiente esquemas:

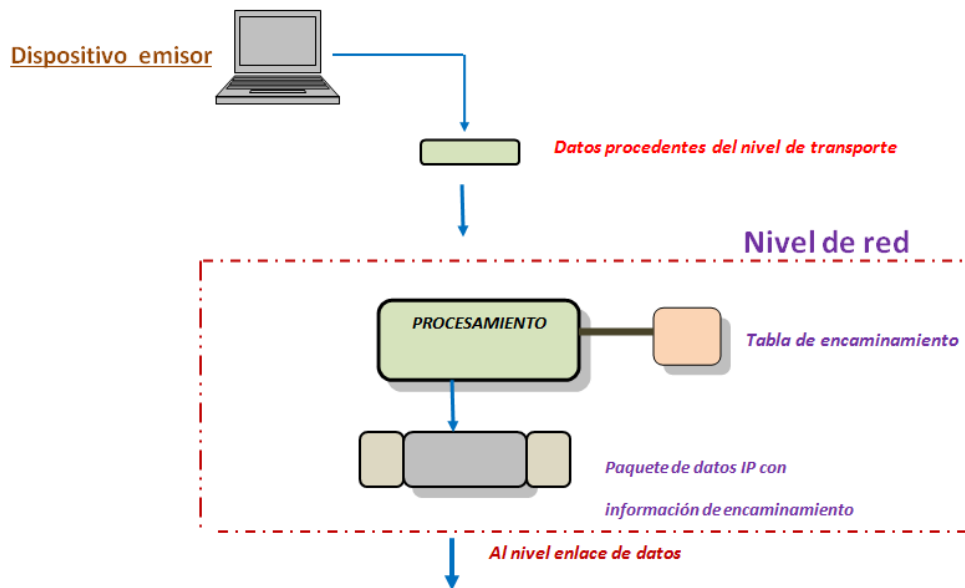


Fig. 134 Nivel de Transporte en el modelo TCP/IP

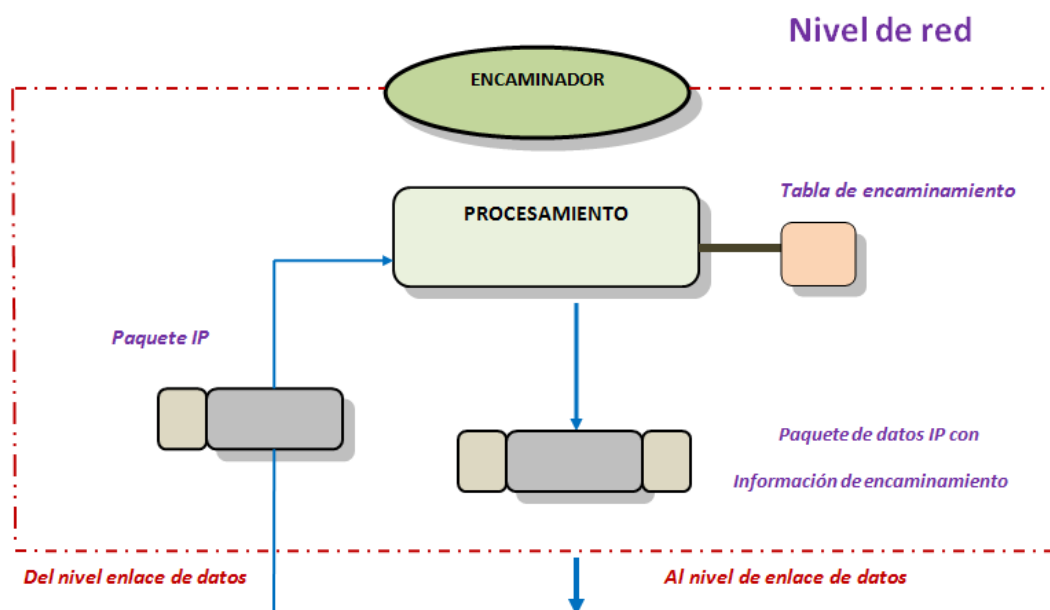


Fig. 135. Nivel de red en el modelo TCP/IP

Una vez que el paquete alcanza el encaminador, el nivel de red debe de reencaminarlos hasta el siguiente nodo, consultando con su tabla de encaminamiento. Además el nivel de red ha de asignar una interfaz por la que el paquete ha de ser enviado. Finalmente, el paquete se traspasa al nivel de enlace de datos con la información en la cabecera acerca de su encaminamiento.

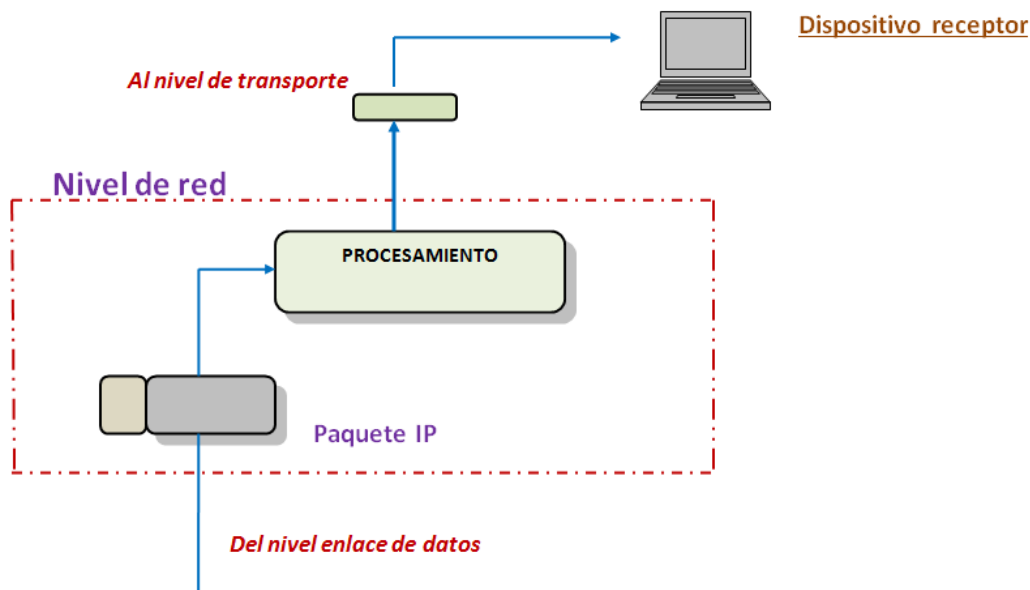


Fig. 136. Encaminamiento de trama hacia el dispositivo receptor en TCP/IP

Al alcanzar el dispositivo receptor, el nivel de red es el responsable de verificar que la dirección es la correcta, confirmando que la dirección de destino del paquete coincide con la dirección de la máquina destino.

En el caso de que el ítem recepcionado sea un fragmento, el nivel de red queda en espera hasta la llegada de los demás fragmentos que componen el paquete, reensamblándolos a continuación y entregándolos al nivel de transporte

Otros protocolos y aplicaciones en el nivel de Red (Internet)

En el nivel de red o interconexión en el protocolo TCP/IP y tal como hemos visto anteriormente, existen otras aplicaciones y protocolos como son los siguientes:

- i. Protocolo de mensajes de grupos de Internet, IGMP, cuya función principal es la transmisión simultánea de un mensaje a un grupo de receptores
- j. Protocolo de mensajes de control en Internet, ICMP, es un mecanismo que utilizan los dispositivos origen y destino, así como por las pasarelas y encaminadores para notificar los problemas y errores hallados en datagramas de vuelta al emisor.
- k. Protocolo de resolución de direcciones inverso, RARP, que facilita al host descubrir una dirección de Internet cuando solamente se conoce la dirección física. Se usa cuando un dispositivo se conecta por vez primera a la red, o cuando se arranca una computadora sin disco.
- l. Protocolo de resolución de direcciones, ARP, cuya principal función consiste en vincular una dirección lógica a una dirección física. ARP se usa para explorar la dirección física del nodo a partir de su dirección de Internet. En

una LAN, que es una red física habitual, cada sistema en la red se registra mediante una dirección física, impresa en la NIC, tarjeta de interfaz de red.

18.3.2 Nivel de transporte

En el nivel de transporte, en TCP/IP, se aplican tres protocolos, TCP, UDP y el último en ser desarrollado para especificaciones particulares de nuevas aplicaciones, SCTP.

Los tres protocolos tienen la responsabilidad de entregar mensajes de un proceso o programa en ejecución en un host a otro proceso en un host diferente.

- m. UDP o protocolo de datagramas de usuario, que agrega direcciones de puertos, control de errores mediante sumas de comprobación. También informa sobre la longitud de los datos procedentes del nivel superior
- n. TCP o protocolo de transmisión, es un protocolo de flujos fiable. La acepción del término flujo en este caso hace referencia un sistema orientado a la conexión, es decir, se ha de disponer una conexión entre los dos extremos de la transmisión antes de que se proceda a la transmisión de datos.

En el dispositivo emisor, TCP, fracciona el flujo de datos en unidades de datos más reducidas llamadas segmentos. Cada uno de ellos, incluye un número de secuencia para hacer posible el ensamblado en el dispositivo receptor. Además cada segmento contiene además un número de conformación para los segmentos que son recepcionados. Los segmentos se transportan a través de datagramas IP.

En el dispositivo receptor, el protocolo TCP, recepciona cada uno de los datagramas, y reordena la transmisión en consonancia con los números de secuencia que TCP incluyó en cada segmento en el sistema emisor.

- o. SCTP, protocolo de transmisión de control de flujos. Desarrollado para dar soporte a nuevas aplicaciones como, por ejemplo, voz sobre Internet. Combina las más importantes prestaciones de los dos protocolos presentes en el nivel, UDP y TCP.

18.3.3 Nivel de aplicación.

Como se apuntó anteriormente, el nivel de aplicación en TCP/IP conjuga los tres niveles superiores de OSI, es decir, sesión, presentación y aplicación.

Existen numerosas aplicaciones definidas en este nivel, como por ejemplo:

- p. SMTP Protocolo sencillo de transferencia de mensajes.
- q. FTP Protocolo de transferencia de archivos
- r. HTTP Hipertext Transfer Protocol, define la sintaxis y la semántica que utilizan los elementos de software de la arquitectura web para comunicarse.
- s. DNS Domain Name System es un sistema de nomenclatura jerárquica para sistemas de computación conectados a Internet o cualquier red privada
- t. SNMP, Simple Network Management Protocol, o protocolo simple de administración de red, es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.
- u. TELNET, *TEL*communication Network es un protocolo de red que permite la interconexión con otra computadora para operar de manera remota sobre ella

18.3.4 Direccionamiento en protocolos TCP/IP

Una red que opera con protocolos TCP/IP podemos encontrar cuatro niveles de direcciones:

1. Direcciones de enlace o físicas
2. Direcciones IP o lógicas
3. Direcciones de puertos
4. Direcciones específicas

Estudiémoslas por separado.

1. **La dirección de enlace o dirección física** es la dirección de un nodo de la forma en que es definida por su red LAN o en su defecto por la red WAN en la que se encuentra ubicado. La dirección de enlace se incluye

en la trama utilizada por el nivel de enlace de datos y se considera como la dirección de más bajo nivel de las cuatro categorías enumeradas anteriormente. La dirección física tiene autoridad sobre la LAN o WAN, siendo su tamaño variable en función de la red en que opera. Por ejemplo, Ethernet utiliza una dirección de enlace de 6 bytes que quedan impresos en la tarjeta interfaz de red o NIC.

Veamos cómo opera la dirección física en una LAN.

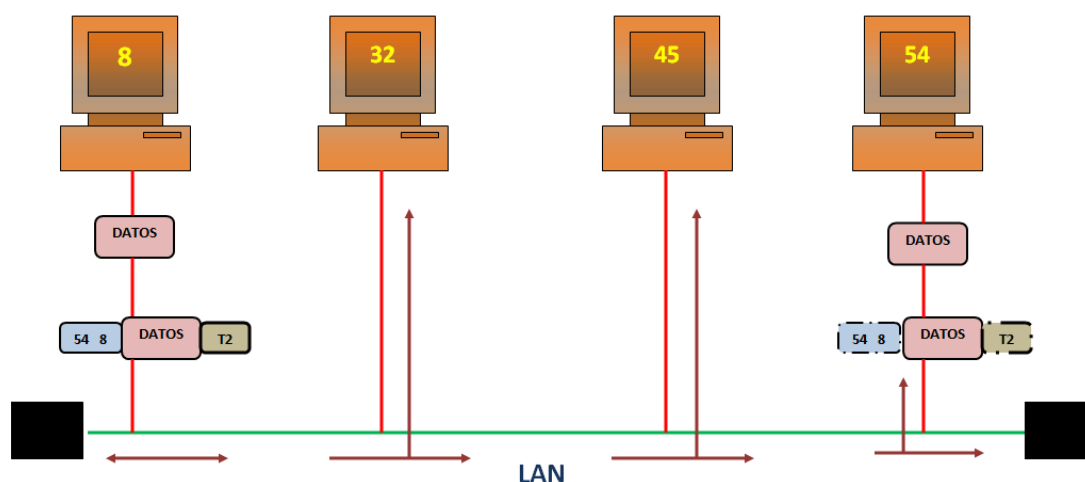


Fig. 137 Dirección física en un LAN

Como podemos observar en la figura un nodo cuya dirección física es 8 transmite una trama con datos al nodo que tiene una dirección de enlace 54. Los nodos están conectados a través de un enlace en una red local LAN cuya topología en la figura es bus.

El nivel de enlace de datos recibe del nivel superior una trama con datos. Una vez recibido, el nivel de enlace de datos, los encapsula añadiendo una cabecera a la trama con las direcciones físicas del emisor y destino, en este caso, las direcciones físicas del nodo destino 54 y la del origen 8, situadas en la cabecera en este orden, en primer lugar la dirección de enlace del nodo destino y a continuación la dirección física del origen o emisor. La cabecera en este nivel de enlace de datos contiene otra información propia del nivel. Al final de la trama se añade una cola T2, con bits extra imprescindibles para la detección de errores.

La trama se transmite en todas las direcciones en la topología bus. Cuando lo hace hacia la parte izquierda del bus, la trama se desactiva cuando llega al final de la conexión o cable de transmisión. En la dirección

contraria, la trama se va encontrando con otros nodos, cuyas direcciones son 32 y 45 en la figura. Cada sistema de computación que tiene una dirección diferente a la 54 descarta la trama al no coincidir la dirección de destino (54) con la suya propia. Por fin, la computadora destino, es decir aquella que tiene la dirección física 54, encuentra la trama en cuya cabecera aparece la misma dirección física que la suya. Entonces, descarta cabecera y cola recuperando los datos encapsulados, procediendo a la entrega de los mismos al nivel superior.

Las redes LAN de área local, utilizan 6 bytes, 48 bit, para definir la dirección física, escritos con 12 dígitos hexadecimales. Cada byte, por consiguiente, equivale a 2 dígitos hexadecimales, que se separan entre sí por el signo de dos puntos, tal y como se muestra en la siguiente figura:

00:11:F5:78:D8:0C

Cada dirección de enlace, a su vez está relacionada con un nivel determinado de la configuración del protocolo TCP/IP. La dirección física o de enlace se encuentra relacionada con el nivel de enlace de datos, pero las otras tres también lo hacen con determinados niveles, como vemos a continuación:

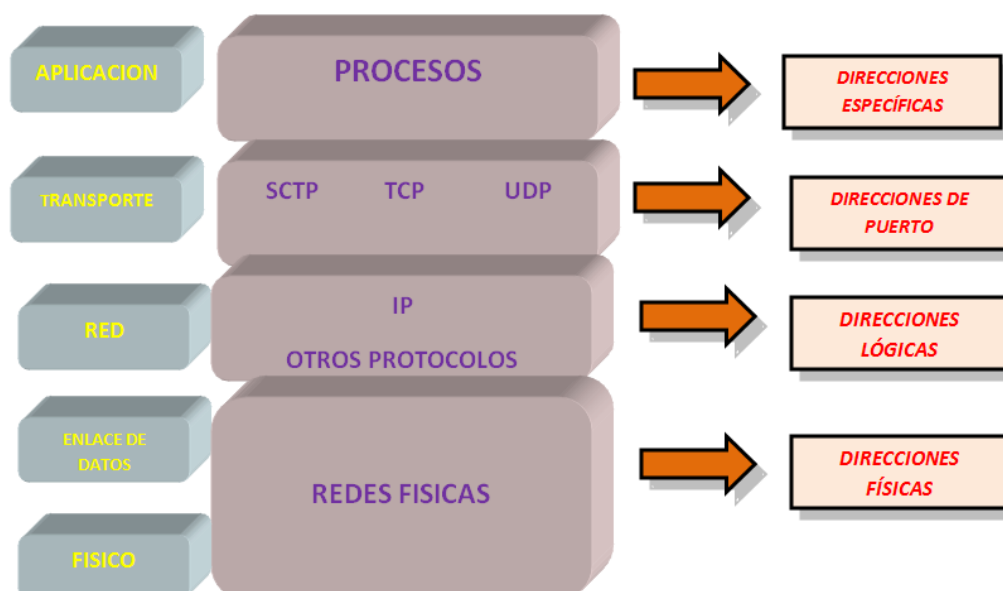


Fig.138 Relación entre los niveles de aplicación en TCP/IP y el direccionamiento

- La importancia de las **direcciones IP ó lógicas** estriba en que son indispensables para realizar comunicaciones globales sin depender de las redes físicas que transportan la información.

Cuando nos encontramos con distintas redes interconexas entre sí y cada una de ellas con un formato distinto de dirección física, es preciso implementar un modelo de direccionamiento global, en el que cada host pueda ser identificado de manera exclusiva sin depender de la tipología de la red en la que se encuentra ubicado. Este es la principal función de las direcciones lógicas, las cuales se definen mediante una dirección de 32 bits, como es el caso de host conectados a Internet. No existen dos host visibles y con direcciones lógicas públicas que puedan tener la misma dirección IP.

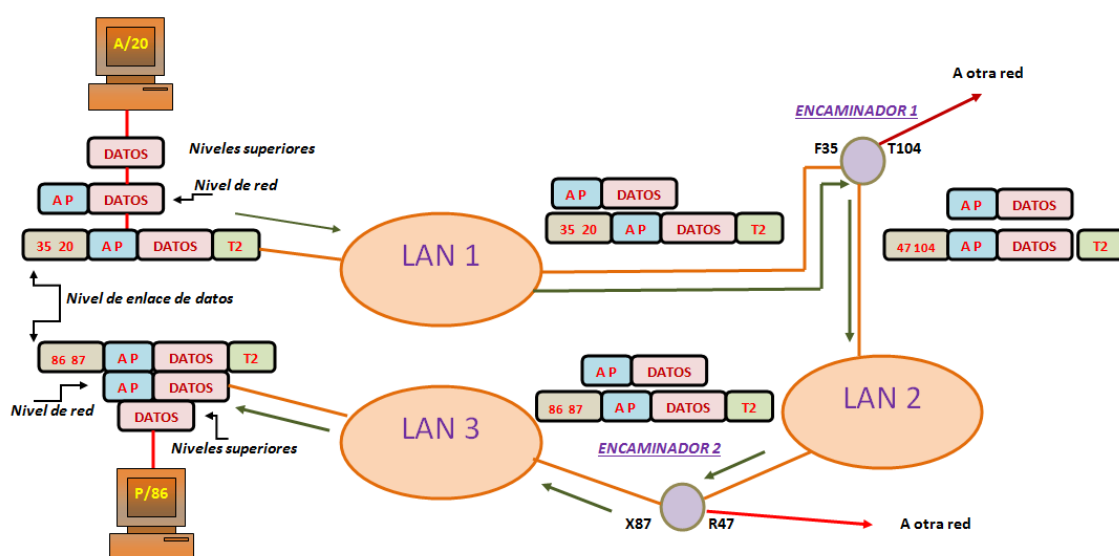


Fig. 138 Direcciones lógicas IP conectando 3 LAN

Las direcciones IP se representan mediante letras (aunque en realidad son números) mientras que la direcciones de enlace lo hacen mediante números, como vimos anteriormente.

Vemos en la figura un esquema en el que el host con dirección lógica A y dirección física 20 quiere enviar una información en forma de paquete de datos al sistema de computación con dirección lógica P y dirección de enlace 86.

La máquina origen del mensaje encapsula los datos procedentes de niveles superiores en el nivel de red, añadiendo dos direcciones IP o lógicas, la del sistema de computación emisora que es A y la dirección lógica de la máquina de destino que es P. En este direccionamiento la dirección IP de origen se inserta antes que la dirección lógica de destino, al contrario que las direcciones físicas donde en primer lugar se coloca la

dirección de destino y a continuación la dirección física del sistema que emite.

El nivel de red de la computadora emisor tiene que encontrar la dirección IP del primer encaminador, operación que realiza consultando su tabla de encaminamiento, dando como resultado que la dirección lógica del encaminador 1 es F. El Protocolo de resolución de direcciones ARP que vimos en su momento procede a encontrar la dirección física del encaminador 1 que se ha de corresponder con la dirección IP F, y que resulta ser 35. Por tanto, el nivel de enlace de datos al recibir esa información de su nivel de red, encapsula el paquete con la dirección física del encaminador (35) y a continuación la suya propia (20).

La trama viaja por la LAN 1 y transitando por cada sistema de computación, siendo rechazado por cada uno de ellos a excepción de encaminador 1 que reconoce su dirección física 35. El encaminador 1 extrae el paquete de la trama para leer la dirección IP del destinatario que es P. Al no coincidir su dirección lógica (F) con la marcada en el paquete (P), el encaminador deduce que el paquete debe de ser reencaminado hacia su destino, para lo cual consulta su tabla de encaminamiento hasta obtener la dirección física del siguiente encaminador, haciendo uso del protocolo ARP. Esta es 47. Entonces se procede a un cambio en la dirección física del encaminador 1, que ahora es 104, procediendo al encapsulado con estas dos direcciones físicas, destino encaminador 2 (47) origen encaminador 1 (104), creando una nueva trama con estas dos nuevas direcciones, sin alterar las direcciones IP de emisor (A) y del destino (P) ya que hacerlo el paquete nunca alcanzaría su destino.

El encaminador 2 procede igual manera, cambiando las direcciones físicas y enviando la trama al sistema de computación de destino. Finalmente cuando la trama llega a la computadora destino, ésta extrae el paquete de la trama, comprueba que la dirección lógica coincide con la suya (P), saca los datos del paquete y los entrega al nivel superior.

Direcciones de puertos

Las computadoras hoy en día pueden realizar múltiples procesos simultáneamente, con lo que el hecho de que origen y destino se intercambien información no es el único objetivo de la comunicación entre ambas. El verdadero objetivo en Internet es que un proceso en un sistema de computación se comuniquen con otro proceso en otro sistema.

Pero como decimos, las computadoras están realizando múltiples procesos simultáneamente y para que estos procesos en la computadora A se comuniquen

con los mismos procesos en la computadora B es preciso un método que etiquete a cada uno de los procesos. En el protocolo TCP/IP la etiqueta designada a un proceso se denomina puerto. Por ello, estas etiquetas se llaman también direcciones de puertos. Un puerto en el protocolo TCP/IP consta de 16 bits. El puerto se representa por un único número decimal, como por ejemplo **1075**.

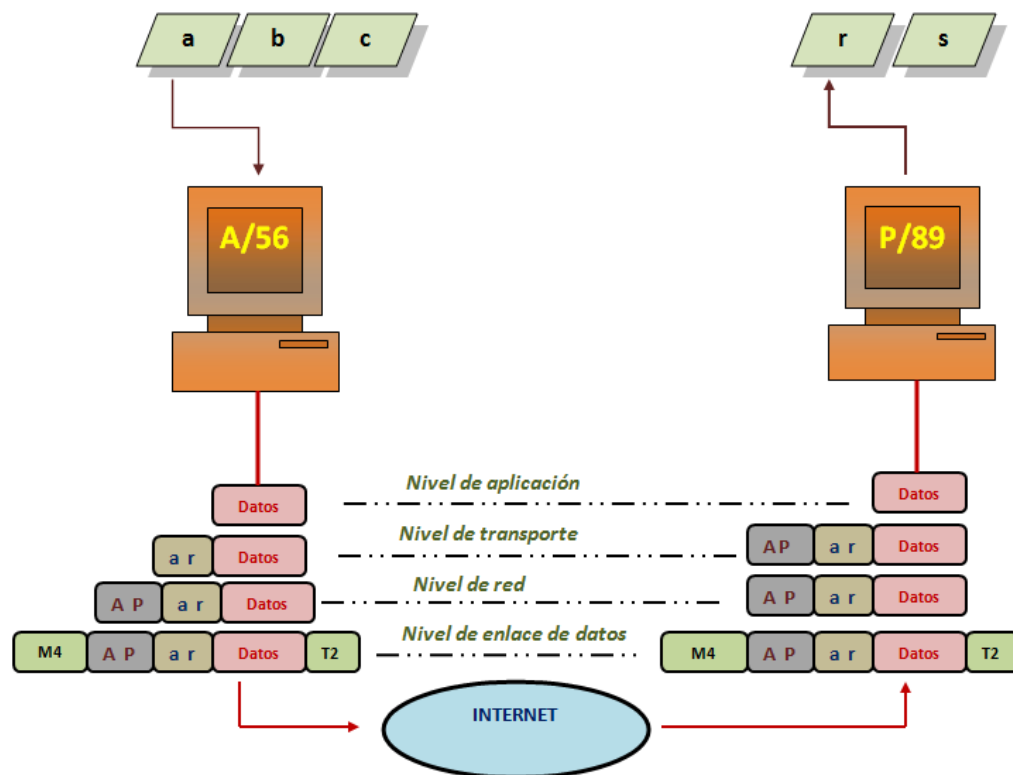


Fig. 139 Direccionamiento de puertos

Como vemos la computadora con dirección lógica A está ejecutando tres procesos, en los puertos *a*, *b* y *c* mientras que la computadora con dirección IP P ejecuta dos procesos, en los puertos *r* y *s*.

El proceso en *a* tiene que comunicarse con el proceso *r* en la computadora con dirección lógica P que es el computadora destino. Aunque parezca que son dos puertos distintos, *a* y *r* en realidad es el mismo proceso, ya que uno (*a*) es un programa cliente y el otro (*r*) es un programa servidor.

El destino por tanto es el proceso *r* y no el proceso *s* por lo que el nivel de transporte encapsula los datos procedentes del nivel de aplicación con las direcciones de puerto *a* y *r*.

El nivel de red encapsula los datos añadiendo las direcciones lógicas A y P, para posteriormente el nivel de enlace de datos añadir las direcciones físicas.

Adviértase que en la trama no se especifican las direcciones físicas de origen y destino, ya que al entrar en la nube, la trama irá de nodo en nodo hasta alcanzar el destino como vimos en el apartado anterior.

Direcciones específicas

Algunas de ellas son direcciones que el usuario maneja con regularidad, como, por ejemplo, correo electrónico o el localizador de recursos universal o URL, necesaria para encontrar un site en la WWW, World Wide Web.

19. Imperfecciones asociadas a la transmisión de señales

La transmisión mediante redes físicas o guías ondas de señales causan un inevitable daño a la calidad original de las mismas. Esta circunstancia hace que la señal en el origen y en el destino sea distinta, ya que durante la comunicación entre los dos puntos la señal ha sufrido los efectos de tres tipos de deterioros, como son la atenuación, la distorsión y el ruido.

Un breve apunte sobre estos tres conceptos, tan importantes en las transmisiones de hoy en día, como veremos cuando estudiemos las transmisiones en Banda Ka y aquellas que se desarrollan mediante bonding IP.

19.1 Atenuación.

Este concepto está asociado a la pérdida de energía, ya que la señal al ser transmitida a través del medio y para vencer la resistencia del mismo, se ve abocada a la merma de su nivel de energía. Es la razón por la cual las conexiones que utilizan cable para el transporte de señales ven como se calientan, incluso hasta inutilizarlos o arder, ya que parte de la energía eléctrica propia de la señal se convierte en calor. Para subsanar este problema se usan amplificadores que revitalizan el nivel eléctrico de la señal y su nivel energético.

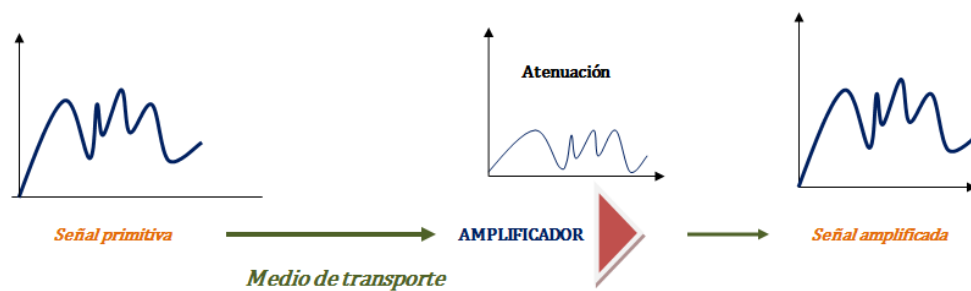


Figura 140. Proceso de transporte, atenuación y amplificación.

Para medir el nivel de energía, tanto en la pérdida como en la recuperación se usa el decibelio.

Supongamos una señal que es transportada a través de un enlace y la potencia o energía de la señal se reduce a la mitad. Calculemos la atenuación en términos de decibelios.

Como W_2 es $1/2 W_1$ tenemos que

$$10 \log_{10} \frac{0,5 W_1}{W_1} = 10 \log_{10} 0,5 = 10 (-0,3) = -3 \text{ dB}$$

Una pérdida de -3 dB equivale a la merma de la mitad de potencia.

En el caso contrario, cuando se amplifica una señal, la potencia por ejemplo, se amplifica 20 veces

$$10 \log_{10} \frac{20 W_1}{W_1} = 10 \log_{10} 20 = 10 (+1,30) = 13 \text{ dB}$$

Veamos un ejemplo en el cual la señal se atenúa y amplifica a lo largo de un enlace, tomando muestras en varios puntos. Esto permite sumar y restar los resultados por tramos hasta concluir con un valor total del enlace, que en el caso del ejemplo ofrece una ganancia de potencia de 1 dB.

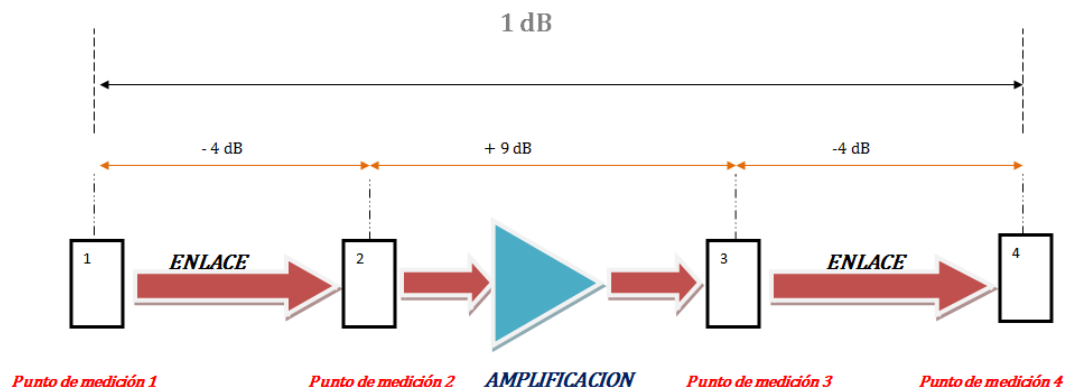


Fig. 141 Toma de muestras a lo largo de un enlace y valor final en decibelios de potencia.

Estudiemos otro ejemplo

La pérdida de potencia en un cable de transmisión se define en decibelios por kilómetro dB/Km.

Si la señal a la entrada del cable es de -0,7 dB/km con una potencia de 4mW, ¿cuál será la potencia a la salida considerando que la longitud del cable es de 8 km?

La pérdida producida por el cable es :

$$8 \text{ km} \times (-0,7) = -5,6 \text{ dB}$$

A veces el decibelio se usa para medir la potencia en milivatios, mW. En este supuesto se calcula como dB_m y se calcula como

$$\text{dB}_m = 10 \log_{10} W_m$$

Por tanto la potencia a la salida del cable es

$$\text{dB} = 10 \log_{10} \frac{W_2}{W_1} = -5,6 \text{ dB}$$

$$\frac{W_2}{W_1} = 10^{-5,6/10} = 1,2 \times 10^{-4}$$

Como la potencia de entrada es (W_1) 4 mW

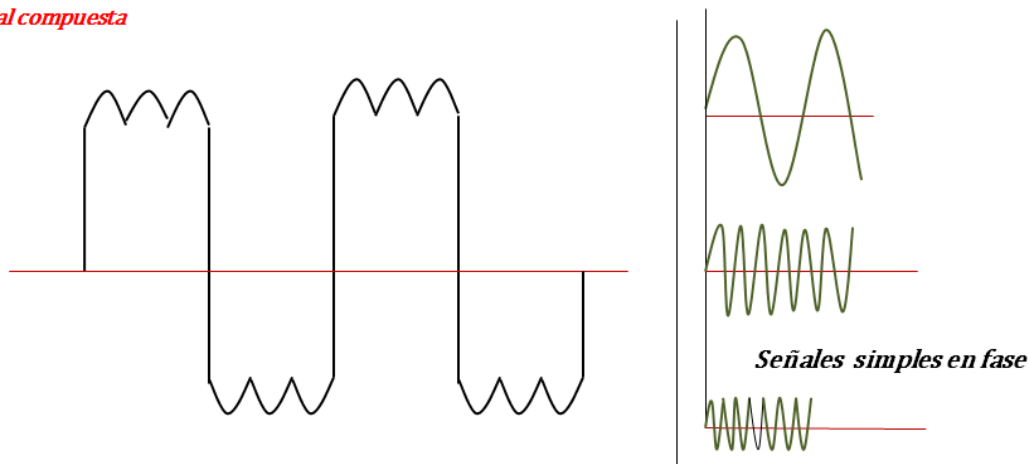
$$W_2 = 4 \text{ mW} \times 1,2 \times 10^{-4} = 4,8 \times 10^{-4} \text{ mW}$$

19.2 Distorsión

Un factor influyente en el deterioro de la señal es la distorsión, circunstancia que cambia su forma de onda. La distorsión aparece en señales compuestas, constituidas por diferentes señales simples con distintas frecuencias.

Cada señal simple, componente de la señal compuesta, tiene su propia velocidad de propagación en el medio, por lo que cada una de ellas alcanzará el destino en momentos distintos. Si la duración del periodo de la señal compuesta no es mismo que el desfase de cada señal, las señales simples tendrán fases distintas en el receptor a las que tenían en el emisor, modificando inevitablemente la forma de onda de la señal compuesta. Este por tanto, el resultado del efecto de distorsión.

Señal compuesta



Señal compuesta en recepción

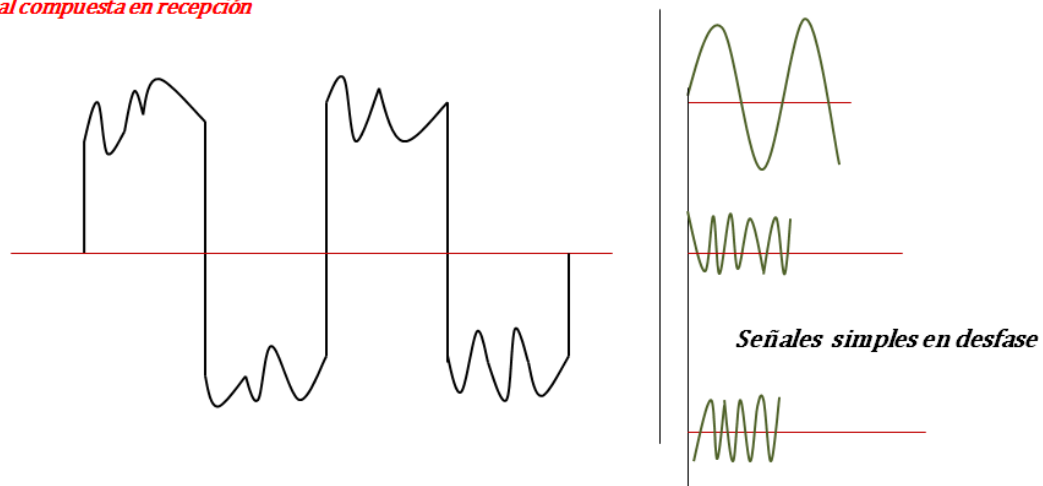


Figura 142. Señal compuesta en emisión y distorsionada en recepción

19.3 Ruido

Un factor de enorme importancia en la imperfección de la señal en relación a su estado en el momento de la emisión es el ruido. Hay muchos agentes provocadores de ruido, lo que conduce a una catalogación del ruido en función de dichos agentes perturbadores. Por ejemplo, el ruido inducido se debe a la influencia de fuentes eléctricas externas, actuando como elementos emisores y siendo el medio de transmisión el receptor de las interferencias generadas por esos equipos. Otro tipo sería el ruido térmico creado por el movimiento de los electrones en el interior del cable transmisor, generando una señal adicional a la enviada por el emisor y que se suma a la original. El ruido producido por el cruce de dos cables se debe a la interacción de uno sobre el otro, actuando uno de ellos como emisor y el otro como antena de recepción. El ruido de impulso se genera cuando una señal externa se hace presente con una energía de gran potencia pero en un corto espacio de tiempo, procedente por ejemplo de iluminación o de líneas de potencia eléctrica.

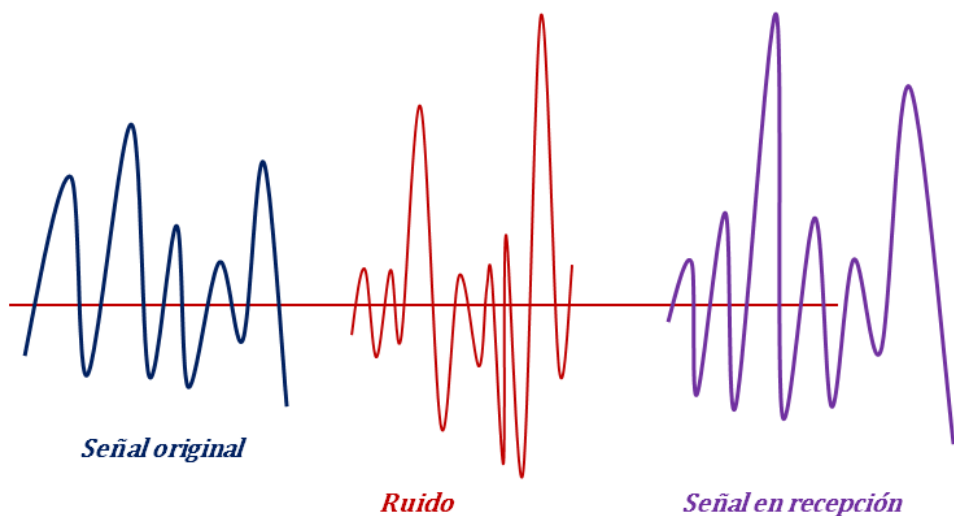


Figura 143. Influencia del ruido en la distorsión de una señal

La relación entre la potencia de la señal y la del ruido es un factor decisivo para conocer el límite de la velocidad de transmisión.

Esta relación SNR está determinada mediante la siguiente ecuación (*signal noise relation*)

$$SNR = \frac{W_{media\ de\ se\~{n}al}}{W_{media\ de\ ruido}}$$

Hablamos de potencias medias ya que el valor de cada una de ellas, se~{n}al y ruido, puede cambiar en el tiempo

Como se deduce de la ecuaci3n, una relaci3n SNR alta significa que la se~{n}al original ha sido levemente alterada por la se~{n}al indeseada. Una SNR baja, indica que la se~{n}al original ha sido degenerada excesivamente por el efecto de la se~{n}al de ruido.

Al tratarse de la relaci3n de dos potencias, puede expresarse en decibelios

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} SNR$$

Por ejemplo, una se~{n}al tiene una potencia de 50 mW, y una se~{n}al externa de ruido de 5 μ W. Calculemos la relaci3n SNR y su valor en decibelios

$$SNR = \frac{50\ mW}{5\ \mu W} = \frac{50 \times 10^3\ \mu W}{5\ \mu W} = 10^4$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} 10^4 = 40$$

Obviamente, cuando la se~{n}al de ruido es inexistente, y su valor es 0, entonces la relaci3n SNR es ∞ y su valor en dB es tambi3n ∞ aunque este valor es puramente te3rico, ya que, aunque solo exista un ruido, el ruido procedente del movimiento de la Tierra en el cosmos, ruido c3smico, ya se suma a cualquier se~{n}al.

20. Velocidad de transmisi3n de datos o bitrate.

Este t3rmino indica la rapidez de un canal, es decir, la tasa de transferencia de bits, valor medido en bits por segundo.

Depende de varios factores, aunque podemos considerar como los principales a los siguientes.

1. Ancho de banda del canal de transferencia.
2. Nivel de la se~{n}al
3. Nivel de ruido.

Nyquist desarroll3 un m3todo para calcular la tasa de transferencia en un canal sin ruido. La regla se denomina *tasa de bits de Nyquist* y define la m3xima velocidad en t3rminos te3ricos de un canal sin ruido.

La ecuación que representa esta velocidad es

$$Tasa\ de\ bits = 2 \times ancho\ de\ banda \times \log_2 L$$

Siendo L el número de niveles de señal utilizados para representar los datos.

Podría deducirse que dado un ancho de banda determinado, a medida que se incrementa el número de niveles se incrementaría la tasa de transferencia, lo que teóricamente es cierto. Sin embargo, en la realidad existe un límite, ya que incrementar los niveles significa aumentar la carga extra al receptor. Por ejemplo, si el número de niveles es 2, el receptor distingue con facilidad entre 0 y 1, pero si los niveles de la señal son 64, el receptor debe de trabajar con más atención para ser capaz de distinguir cada nivel. Por tanto, el hecho de acentuar el número de niveles pone en riesgo la fiabilidad del sistema.

Por su lado Claude Shannon determinó una fórmula para definir la tasa máxima de datos teórica en un canal con ruido, circunstancia ésta que es la que nos encontramos en la totalidad de los casos

$$Capacidad\ del\ canal = Ancho\ de\ banda \times \log_2(1 + SNR))$$

La capacidad del canal se mide en bits por segundo

Estudiando la ecuación anterior, observamos que la relación señal ruido SNR es un factor de máxima importancia. Por ejemplo, en un canal cuya relación SNR se aproxime a cero, es decir en el que el ruido es muy superior a la señal, nos encontraríamos con

$$Capacidad = Ancho\ de\ banda \times \log_2 1 = Ancho\ de\ anda \times 0 = 0$$

Es decir, una canal en el que el ruido es muy superior a la señal no puede haber transmisión, independientemente de la envergadura del ancho de banda del mismo.

Veamos cual es el valor de la relación SNR en un canal telefónico, si sabemos que la medida en decibelios es de 35 dB.

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} SNR \quad \text{luego}$$

$$SNR = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} = 10^{\frac{35\ dB}{10}} = 10^{3,5} = 3.162$$

Con este dato, calculemos la capacidad de un canal telefónico cuyo ancho de banda (W) es de 3kHz (3000 Hz), que por otra parte es su valor habitual.

$$Capacidad = W \times \log_2(1 + SNR) = 3\ kHz \times \log_2(1 + 3162) = 3000 \times 11,62 = 34.860\ bps = 34,860\ Kbps$$

Por tanto, si la intención es añadir a la comunicación de voz otro tipo de datos sería necesario rediseñar el canal añadiendo más ancho de banda, o en

caso de que no fuese posible actuar sobre el otro factor de la ecuación, mejorando la relación SNR.

Veamos el ancho de banda de los principales canales de comunicación.

CANAL DE TRANSMISIÓN ANCHO DE BANDA (KhZ)

| | |
|----------------------------|--------|
| Línea telefónica | 3,8 |
| Emisora de radio en AM | 4,5 |
| Emisora de radio en FM | 75 |
| Emisión de televisión PAL | 8.000 |
| Red local Ethernet 10 Mbps | 10.000 |
| Emisión de televisión HD | 30.000 |

En los casos en los que la relación SNR es muy alta, se desprecia la unidad del término $1+SNR$ convirtiéndose en SNR y la ecuación de Shannon puede expresarse como

$$Capacidad = W \times \frac{SNR_{dB}}{3}$$

La capacidad teórica de un canal con un ancho de banda de 8 MHz y una SNR de 44 dB es de

$$Capacidad = 8 \text{ MHz} \times \frac{44 \text{ dB}}{3} = 117 \text{ Mbps}$$

Aplicando Nyquist y Shannon podemos obtener capacidad máxima de un canal y los niveles de la señal correctos para esa velocidad.

Por ejemplo, un canal con un ancho de banda de 2 MHz, una relación SNR de 75 tendría un límite superior de transferencia de

$$Capacidad = 2 \text{ MHz} \times \log_2(1 + 75) = 2 \times 6,2 = 12,4 \text{ Mbps}$$

En la realidad y para obtener un rendimiento óptimo del canal se elige una capacidad inferior, por ejemplo 10 Mbps

Los niveles de señal se obtienen aplicando Nyquist

$$Bitrate = 2 \times 2 \text{ MHz} \times \log_2 L$$

$$10 \text{ Mbps} = 2 \times 2 \times \log_2 L$$

$$\log_2 L = \frac{10 \text{ Mbps}}{4} \quad L = 2^{2,5} = 6 \text{ niveles}$$

20.1 Ancho de banda.

Respecto a este concepto fundamental en el campo de la transmisión de datos y señales podemos definir su valor bajo dos medidas muy concretas, como son los hertzios y los bits por segundo.

Sabemos que la medida en hertzios define un rango de frecuencias en el canal, o el rango de frecuencias presente en una señal compuesta.

En la caso del valor en bits por segundo, define la velocidad o bitrate del canal, es decir, la cantidad de bits que el canal puede transmitir en un segundo.

20.2 Rendimiento de un canal o Throughput

Es un concepto relacionado con la capacidad del canal y su ancho de banda. Es posible que un canal tenga una capacidad cifrada en un determinado número de bits por segundo, pero también es posible que los equipos situados en los extremos trabajen con un número inferior de bps, con lo cual, aunque el ancho de banda es uno en concreto, el rendimiento del canal es otro distinto, siempre inferior al teórico ancho de banda.

Este concepto es de suma importancia en los satélites de última generación, como veremos en su momento.

20.3 Latencia

Este término define el tiempo que tarda una comunicación en llegar a su destino desde el preciso momento en que comienza la transmisión, que en el caso digital se trata del instante en el que es enviado el primer bit del mensaje.

El retardo tiene cuatro componentes cuya suma dan como resultado la latencia de la transmisión

- Tiempo de propagación
- Tiempo de transmisión
- Tiempo de encolamiento
- Tiempo de procesamiento

El tiempo de propagación se define como el tiempo empleado para que un bit recorra la distancia que separa al origen de la transmisión del destino de la

misma. Si lo referenciamos a la ecuación que relaciona tiempo, velocidad y distancia tenemos que

$$\text{Tiempo de propagación} = \frac{\text{Distancia entre origen y destino}}{\text{Velocidad de propagación}}$$

La velocidad de propagación de las señales electromagnéticas se determina en relación a dos factores que son parte fundamental de la comunicación, como son el medio de transmisión y la frecuencia de la señal. Por ejemplo, la velocidad de la luz en el vacío es de 300.000 Km/s ó $3 \times 10^8 \text{ m/s}$. En otros medios como el aire o medios físicos guiados como la fibra o el cable es mucho menor. En la fibra es de $2,4 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Calculemos el tiempo de propagación entre dos puntos, origen y destino, separados 25.000 km y enlazados mediante una fibra óptica.

$$\text{Tiempo de propagación} = \frac{25.000 \times 1000 \text{ m}}{2,4 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{25 \times 10^6}{2,4 \times 10^8} = 0.104 \text{ segundos}$$

El **tiempo de transmisión** marca el tiempo que se consume entre la salida del primer bit en el origen hasta llega del último bit del mensaje al destino. El tiempo de transmisión depende del tamaño del mensaje a enviar así como de la velocidad de transmisión del canal en bps o ancho de banda en hertzios. Podemos representar este tiempo como la siguiente ecuación

$$\text{Tiempo de transmisión} = \frac{\text{Tamaño del mensaje}}{\text{Velocidad de transmisión o ancho de banda.}}$$

Por ejemplo un mensaje cuyo tamaño es de 8,5 Kbytes que se transmite por un canal de 2 Gbps tarda en recibirse (tiempo de transmisión)

$$\text{Tiempo de transmisión} = \frac{8,5 \times 8 \times 1000 \text{ bits}}{2 \times 10^9 \text{ bits/s}} = \frac{68 \times 10^3}{2 \times 10^9} = 34 \times 10^{-6} \text{ segundos}$$

El **tiempo de encolamiento** es el tiempo que cada nodo intermedio en una red de comunicaciones conserva el mensaje en espera de ser procesado. Obviamente cada caso y cada red es un proceso particular, por lo que no existe una ecuación que permita obtener un valor numérico. En aquellos momentos en los que la red está a máximo rendimiento y ocupación el tiempo de encolamiento es muy superior a aquellos casos en los que la misma red se encuentra des congestionada. Un dispositivo intermedio en la red recibe los mensajes que pasan por él, los encola y los procesa individualmente antes de enviarlos camino de su destino o del siguiente dispositivo enrutador. Cuanto más procesamiento caiga sobre los dispositivos intermedios más congestionada estará la red y mayor será la latencia en la comunicación.

Un problema a considerar en cuanto al rendimiento de un canal de comunicaciones en la relación que existe entre la latencia y el ancho de banda del enlace. Cada concepto por separado es de suma importancia, pero lo que en realidad define la productividad del canal es el producto de ambos, ya que el resultado de la multiplicación entre ambos define el número de bits que pueden ocupar el canal. Se trata de un dato significativo en comunicaciones dúplex en las cuales el emisor envía un mensaje en modo de ráfagas y queda a la espera de la confirmación del receptor de la llegada de la información a través del canal de retorno en el enlace dúplex antes de proceder al envío del siguiente paquete.

Para utilizar la capacidad del canal hay que ajustar el tamaño de la ráfaga o paquete de datos, y para ello se trabaja con la siguiente ecuación

$$\text{Tamaño de la ráfaga (bits)} = 2 \times \text{ancho de banda del enlace} \times \text{latencia}$$

El resultado de la ecuación determina el número de bits que pueden ser transmitidos por el enlace en cualquier momento.

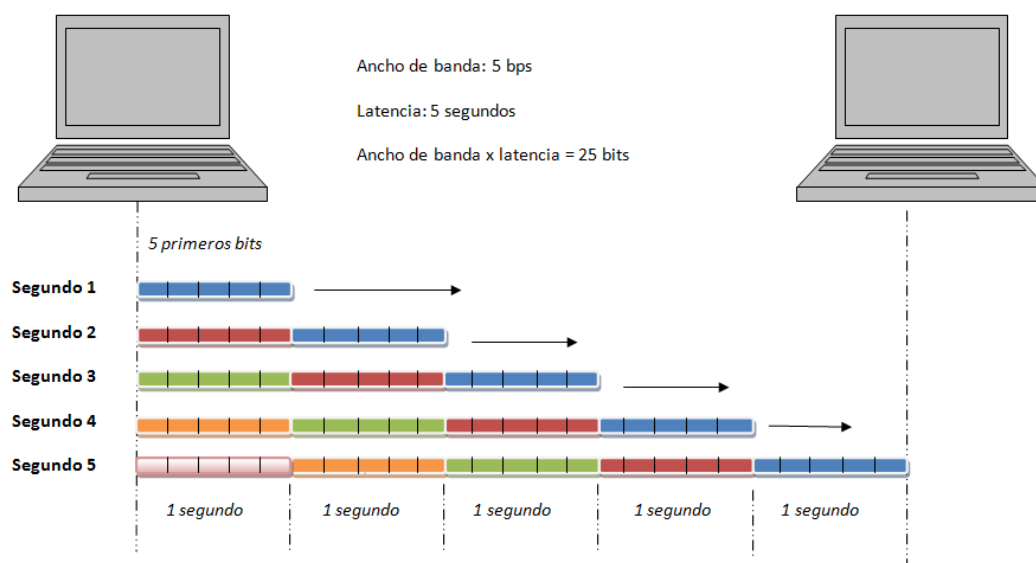


Figura 144 Producto de ancho de banda por latencia

La latencia es un tema de absoluta prioridad en la producción de señales en directo para televisión, máxime si el presentador y el periodista desplazado al punto de directo van a interactuar entre sí. Es decir, si uno va a preguntar al otro y este va a responder.



Fig. 145. Conexión en directo con relación presentador y periodista desplazado

En la figura vemos como el transporte de señal de un punto a otro y el retorno de audio por la línea telefónica (N-1) genera una latencia en la conexión.

La señal al subir al satélite tiene que recorrer 36.000 km en la subida y 36.000 km en la bajada, lo que la velocidad de las ondas electromagnéticas en el aire crea una latencia de 0,28 segundos. Los diferentes procesos de codificación y modulación, así como de decodificación en el uplink y de decodificación y demodulación en la recepción, más la latencia que generan los sincronizadores de cuadro (0,25 segundo por cada sincronizador), dan como resultado una latencia total de cerca de 2 segundos, aceptable para una conexión en directo.

Esto es más crítico, pero solucionable con las nuevas técnicas de compresión y codificación, cuando el directo se produce con medios que hacen uso de conexiones IP, y aún más cuando estas son bonding en la red de telefonía móvil como veremos en su momento.

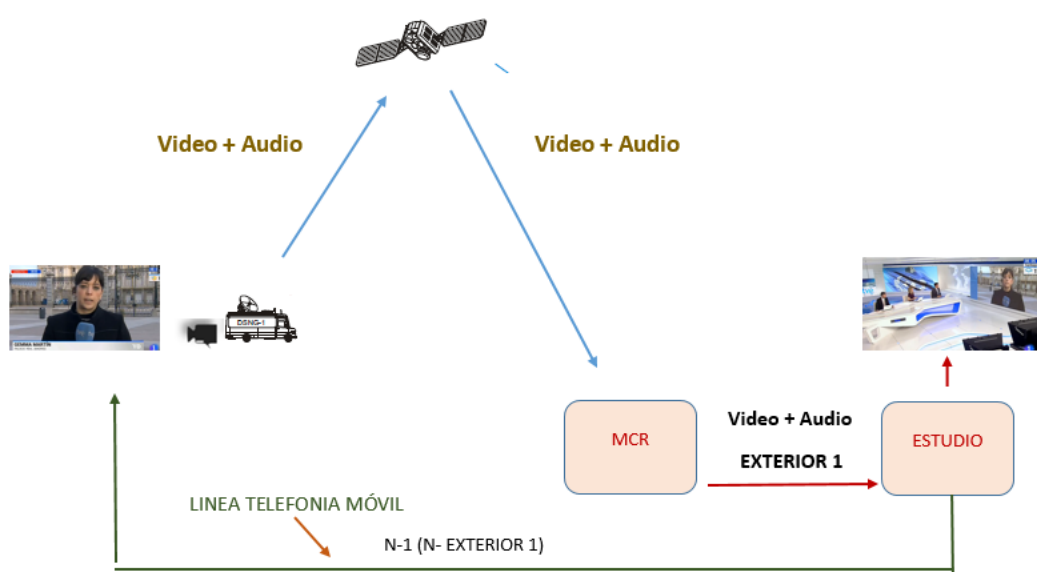


Fig.146. Latencia en una conexión en directo vía satélite

21. CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISIÓN DIGITAL

Estudiemos la conversión de datos digitales a señales digitales y datos analógicos a señales digitales para su transmisión entre dos puntos o a través de una red de comunicaciones y computación.

Comencemos con la conversión de datos digitales a señales digitales.

Esta conversión implica la introducción de tres métodos, uno de los cuales es imprescindible (codificación de línea) y los otros dos pueden ser prescindible según los casos. Estos son:

- Codificación de línea
- Codificación de bloques
- Aleatorización o Randomización (scrambling)

21.1 Codificación de línea

La codificación de línea es una técnica que permite realizar la conversión de datos en formato digital a señales digitales.

Sabemos que la información, bien sean audio, video, gráficos y texto se almacena en la memoria del sistema de computación en forma de secuencia de bits. La codificación de línea transforma la secuencia de bits en una señal digital.

Es decir, el proceso se sustenta en un protocolo por el cual la computadora emisora codifica los datos digitales convirtiéndolos en una señal digital lista para ser transmitida hasta la máquina receptora en la cual el proceso se invierte al decodificar la señal digital hasta convertirla en datos digitales nuevamente. A todo ello, se le denomina codificación y decodificación de línea.

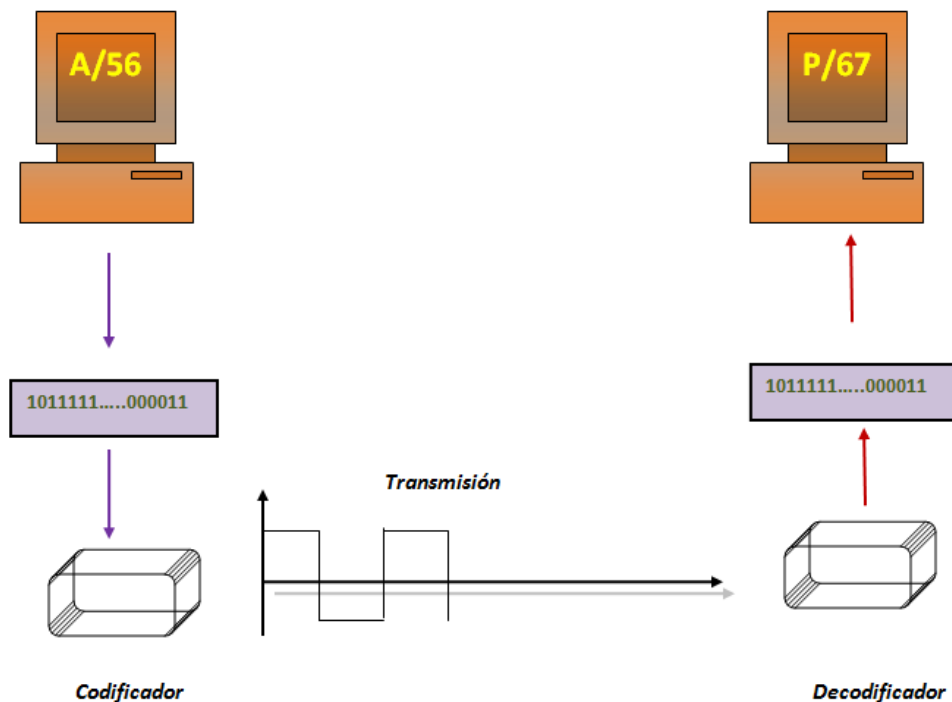


Fig.147. Codificación de línea

Las secuencias de datos se componen a su vez de elementos de datos que son la entidad más pequeña que puede representar un componente de información. Estos elementos de datos se denominan bits.

Durante la transmisión digital un elemento de señal transporta elementos de datos. Los elementos de señal son la unidad más corta en tiempo de una señal digital, siendo éstos los que son enviados por el enlace. Los elementos de datos son llevados portados por los elementos de señal.

Si necesitamos saber cuántos elementos de datos son transportados por cada elemento de señal, recurrimos a una medida o tasa definida mediante la letra *r*. Veamos algunos ejemplos:

1. Un elemento de dato transportado por un elemento de señal ($r=1$)

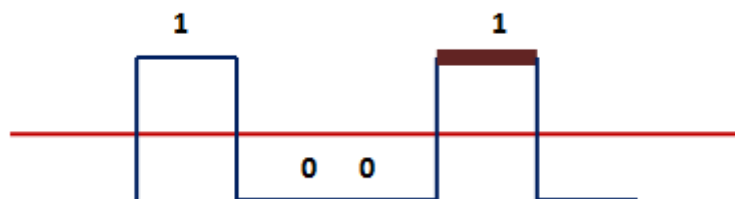


Fig.148 Un elemento de datos transporta un elemento de señal

2. Un elemento de datos transportado por dos elementos de señal. ($r=1/2$)

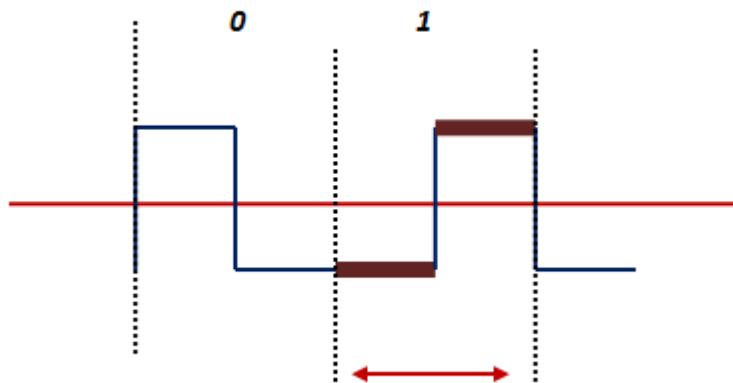


Fig. 149. Un elemento de datos transporta dos elementos de señal

3. Un elemento de señal transporta dos elementos de datos
($r=2$)

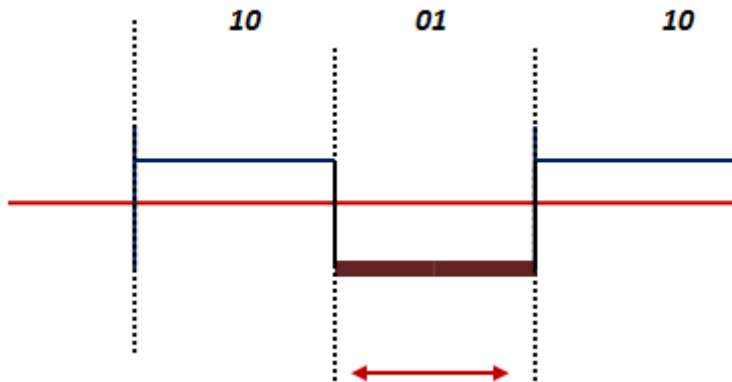


Fig.150 Un elemento de señal transporta dos elementos de datos

4. Cuatro elementos de datos transportados por tres elementos de señal ($r=4/3$)

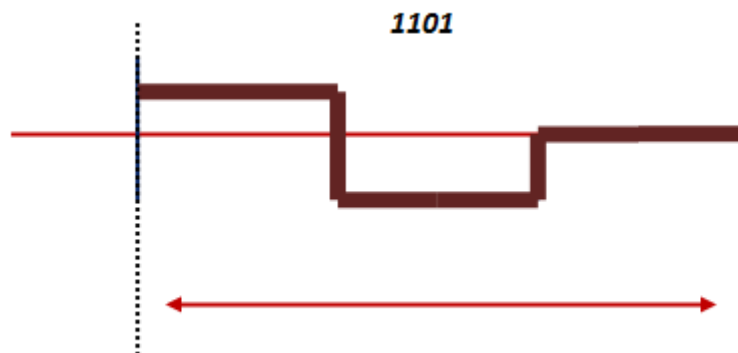


Fig.151 Cuatro elementos de datos transportados por tres elementos de señal

Denominamos bitrate o tasa de datos o flujo de datos al número de elementos de datos, bits, enviados en el periodo de 1 segundo. Se mide en bits por segundo y se representa por bps.

La tasa de señales, tasa de pulsos, tasa de modulación o tasa de baudios, es el número de elementos de señal enviados en el periodo de un segundo. Se mide en baudios.

En ejemplo 1, si cada transición fuese de 1 segundo (el espacio entre las líneas discontinuas en el gráfico) el ejemplo primero tendría una tasa de datos de 1 bps y una tasa de baudios de 1 baudio.

En el ejemplo 2, la tasa de bits sería de 1 bps, pero la tasa de señal sería de 2 baudios.

En el ejemplo 3, la tasa de bits sería de 2bps, mientras que la tasa de señal sería de 1 baudio.

Por último en el ejemplo 4, la tasa de bits sería de 4bps y la tasa de señal sería de 3 baudios.

Una de las finalidades principales de la transmisión digital consiste en aumentar el bitrate al tiempo que se reduce la tasa de baudios. El primer objetivo implica aumentar la velocidad de transmisión, mientras que disminuir la tasa de señales significa reducir el ancho de banda.

La relación entre ambos conceptos depende tanto del patrón de datos como del valor de r . Si el patrón de datos es uniforme con todos los valores en 1 o todos

los valores en 0 diferirán de otro patrón de datos en el que existe variación entre los 1 y los 0.

La relación entre tasa de datos y tasa de señal es

$$S = c \times N \times \frac{1}{r}$$

Donde N corresponde a la tasa de datos (bps), c es el factor de caso variando según cada circunstancia y r el factor definido como el número de elementos de datos transportados por elemento de señal. La medida de S es en baudios.

Por ejemplo, una señal transporta datos de manera que un elemento de datos se codifica como dos elementos de señal, es decir, $r=1/2$. La tasa de datos es de 1 Mbps. Si el factor de caso c es $\frac{1}{2}$, entonces

$$S = \frac{1}{2} \times 10^6 \times \frac{1}{2} = 250 \text{ Kbaudios}$$

Es decir, la tasa media de baudios en este ejemplo es de 250 Kbaudios

La tasa de baudios define el ancho de banda que una señal digital precisa, ya que más cambios en la señal, es decir, más elementos de señal tiene como consecuencia la necesidad de un número de frecuencias y con por consiguiente más ancho de banda. No deberíamos olvidar que el concepto de frecuencia está asociado a cambio, como es el caso de los elementos de señal que también se asocian con el cambio, ya que, recordemos, un elemento de señal es la unidad en tiempo más corta de una señal digital, de ahí que hablemos de tasa de pulsos, y cada uno de ellos representa un cambio.

En el concepto de ancho de banda se unen a su vez otros relacionados entre sí, como son el rango de frecuencias, en qué lugar del espectro se ubica dicho rango, cual es la relación entre la frecuencia más alta y las baja del rango, así como la amplitud y la fase de cada componente del rango.

El ancho de banda y al tasa de baudios guardan una correspondencia proporcional entre sí de tal manera que podemos definir el ancho de banda mínimo como

$$AB_{min} = c \times N \times \frac{1}{r}$$

Por otra parte, es posible obtener la tasa de datos máxima conociendo el ancho de banda del canal

$$N_{max} = \frac{1}{c} \times AB \times r$$

Y también como sabemos por Nyquist

$$N_{max} = 2 \times AB \times \log_2 L$$

Siendo L los niveles de cada señal, correspondiendo cada nivel con un elemento de señal. Un señal con L niveles puede transmitir $\log_2 L$ bits por nivel.

21.2 Variaciones de la línea base, componentes DC y autosincronización.

Una vez que la señal digital llega al receptor y se produce la decodificación, se evalúa una media de la potencia de la señal recibida que se denomina línea base.

La potencia de la señal recibida se valora en relación a la línea base o potencia media recibida para calcular el valor de elemento de datos.

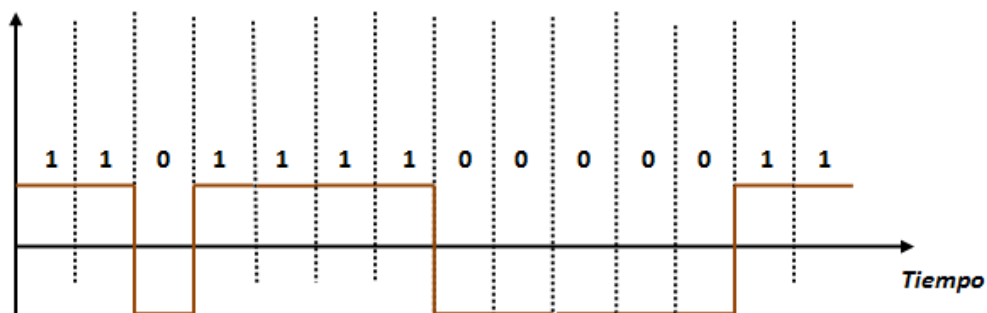
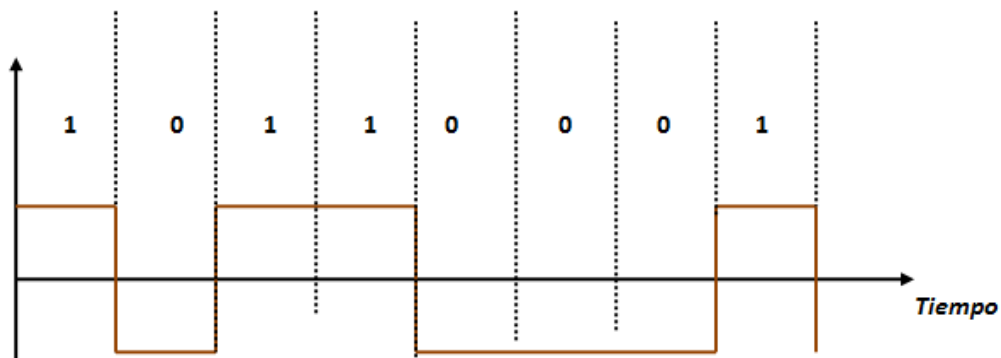
Por ejemplo, una serie monótona y extensa de 1 ó 0 ininterrumpidos durante un periodo de tiempo puede provocar una distorsión en el valor de la línea base dando como resultado una decodificación incorrecta por lo que un buen sistema de codificación ha de tratar de evitar las derivas de la línea base para evitar errores.

La monotonía en la serie de datos apuntada (1111111111111111.....) (00000000000000000000.....) crea un voltaje constante y con él el espectro crea frecuencias muy bajas, cercanas al valor cero, que se denominan componentes DC o componentes en corriente continua. Esto provoca generación de problemas en aquellos sistemas que bloquean el paso de bajas frecuencias como es el caso de la línea telefónica que impide el paso de frecuencias inferiores a 200 Hz, en primer lugar por corresponder a sonidos demasiado graves para el oído humano y en segundo porque no serán apenas perceptibles. En estas circunstancias es aconsejable el uso de estructuras sin componentes DC.

Por otro lado, es imprescindible una autosincronización entre emisor y receptor, de tal manera que los intervalos entre los bits en el emisor se correspondan exactamente con el mismo intervalo entre los bits del receptor. Si alguno de los dos relojes es más rápido o más lento que el otro los intervalos de uno y otro no estarán armonizados. Esto generará un problema en la recepción con la consecuente generación de errores.

Una señal digital en la que se inserta autosincronización significa que incluye una valiosa información sobre la duración en tiempo de los bits transmitidos. Se logra gracias a que en la señal se incluyen transiciones que advierten al receptor del comienzo, del punto medio o del final de un pulso cuya función, además, consiste en reiniciar el reloj del receptor en el caso de que esté fuera de sincronismo con el del emisor.

EMISOR



RECEPTOR

Fig. 152. Efecto causado por una deficiente sincronización

Como vemos en la figura 152 , la duración de los bits en el emisor no es la misma que en el receptor, ya que sus relojes no están sincronizados.

El emisor envía

10110001

El receptor interpreta

11011110000011

En este caso, y suponiendo que el emisor ha enviado los 8 bits del ejemplo en un segundo, el emisor ha interpretado según los pulso que recibía 14 bits en el mismo periodo, es decir, el reloj del receptor es un 75% más rápido que el del emisor. En un segundo ha sumado 6 bits extra, en un minuto 360 bits erróneos.

Por tanto, es aconsejable añadir un sistema de detección de errores en la codificación para tener constancia de todos los errores que se han producido en la transferencia. Además la codificación debería estar libre de interferencias y ruido. Pero no hay que olvidar que cuanto menos niveles de señal tenga un esquema más sencillo será de interpretar por parte del sistema receptor.

21.3 Codificación de línea: clasificación de esquemas.

Podemos hablar de cinco importantes categorías de codificación de línea.

Dentro de cada una de las categorías, a su vez, pueden existir varios esquemas de codificación.

Estas categorías son:

- Unipolar
- Polar
- Bipolar
- Multinivel
- Multitransmisión

21.3.1 Codificación de línea unipolar

En esta categoría de codificación todos los niveles de señal se sitúan al mismo lado del eje de tiempo, bien sea por encima o por debajo de la línea temporal.

En la codificación unipolar encontramos varios esquemas, como son los mencionados a continuación.

a) Sin retorno a cero (NRZ)

Se define como “sin retorno a cero” porque la señal no retorna a cero en la mitad de un bit.

En el esquema NRZ un voltaje positivo determina un bit a 1 y un voltaje 0 define un bit a 0.

La potencia normalizada se define como la potencia necesaria para enviar un bit por unidad de resistencia de la línea.

En el esquema unipolar la potencia normalizada es

$$\frac{1}{2}V^2 + \frac{1}{2}(0)^2 = \frac{1}{2}V^2$$

que es el doble de la empleada en la codificación de línea polar NRZ, como veremos a continuación, lo que determinó el desuso de este esquema en la actualidad.

Veamos su representación gráfica.

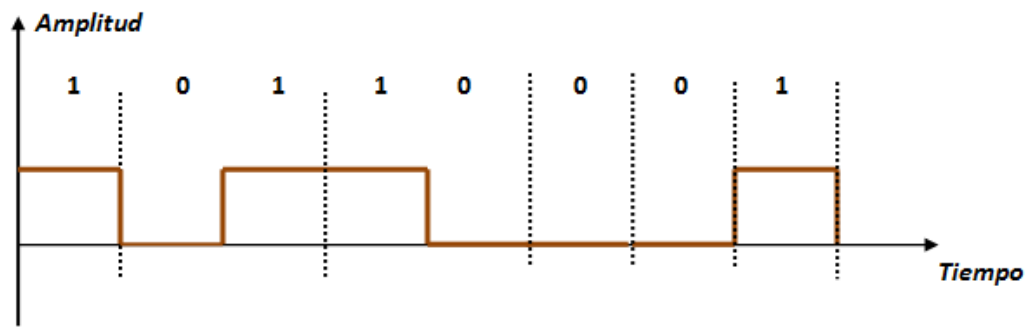


Fig.153. Codificación unipolar NRZ

21.3.2 .Codificación de línea polar.

En este tipo de codificación el valor de los voltajes se sitúa a ambos lados del eje temporal, pudiendo ser el nivel de voltaje correspondiente al 0 positivo y el del 1 negativo.

A su vez, en la codificación polar contiene los siguientes esquemas

- Sin retorno a cero (NRZ)
- Con retorno a cero (RZ)
- Bifásica: Manchester y Manchester diferencia.

a) Codificación polar sin retorno a cero (NRZ)

Nos encontramos en este primer esquema dos versiones, que son, NRZ-L y NRZ-I

NRZ-L ó nivel NRZ, el nivel de voltaje determina el valor del bit. Tal como se apuntó en la introducción de esta categoría polar, al valor positivo del voltaje le corresponde el bit 0 y al valor negativo le corresponde el bit 1.

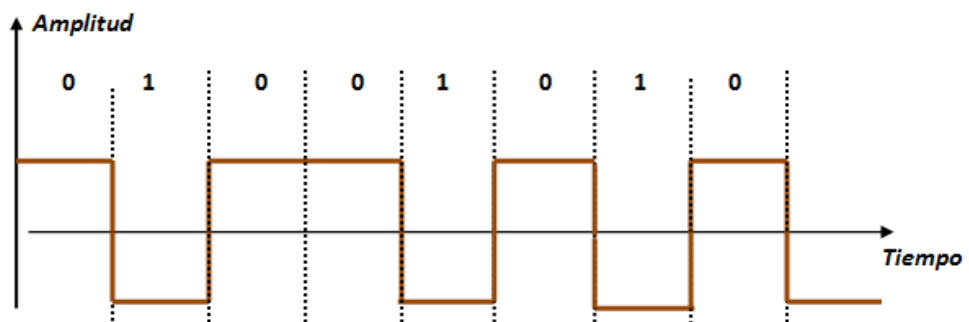


Fig.154. Codificación polar NRZ-L

En la variante NRZ-I ó *Retorno a cero invertido*, el cambio o la falta de cambio en el nivel de voltaje define el valor del bit. Así, si se produce cambio en el voltaje el bit es 0 y si no hay cambio en el nivel de voltaje el bit es 1.

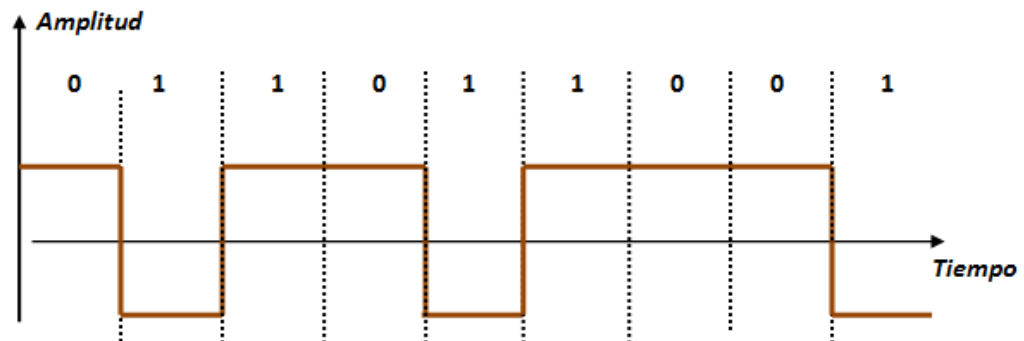


Fig.155 Codificación polar NRZ-I

Las derivaciones de la línea base generan el mismo problema en ambos esquemas, aunque es mucho más grave en el primero, NRZ-L, ya que el nivel del voltaje determina cual es el bit. Una larga sucesión del mismo voltaje (1 o 0) distorsiona el nivel medio de voltaje y en consecuencia produce problemas de decodificación en el receptor al no poder relacionar correctamente la potencia de señal recibida con la línea base, que como recordamos, es la potencia media recibida, para determinar cuál es el nivel de voltaje y por consiguiente si corresponde un bit 0 o un bit 1.

En el segundo caso, este problema es menor, ya que la variación de voltaje es interpretada como bit 1, mientras que no exista inversión de voltaje como bit 0. No existe una media de referencia, por lo que la línea base es menos problemática en este esquema. Solo se produciría una distorsión en la media cuando no hay cambio de voltaje, es decir, solo cuando se da una larga secuencia de bit 0.

En relación a la sincronización de relojes entre emisor y receptor, el problema es común para ambos esquemas, si bien una larga secuencia de bit 1 afectaría en mucha mayor medida al primer esquema, NRZ-L, ya que en el NRZ-I, el bit 1 se asocia con cambio, lo que permite que los relojes estén mejor sincronizados. Sin duda, una larga secuencia de 0 es un problema de sincronización para los dos esquemas.

Ambos esquemas tienen una tasa $r = 1$ ya que cada elemento de señal transporta un solo elemento de datos. Considerando que el factor de caso $c = \frac{1}{2}$ se sitúa en un término medio, la tasa de señal sería

$$S = c \times N \times \frac{1}{r} = \frac{1}{2} \times N \times 1 = \frac{N}{2} \text{ baudios}$$

Por ejemplo, si estuviésemos trabajando con un esquema polar sin retorno a cero con nivel, NRZ-L y quisiéramos enviar datos a una tasa de 30 Mbps, la tasa de baudios sería

$$S = \frac{N}{2} = \frac{30 \text{ Mbps}}{2} = 15 \text{ Mbaudios}$$

El ancho de banda mínimo para esta transmisión sería entonces, con un factor $c = \frac{1}{2}$, que aplicamos a ambos esquemas,

$$AB = c \times N \times r = \frac{N}{2} = S = 15 \text{ MHz.}$$

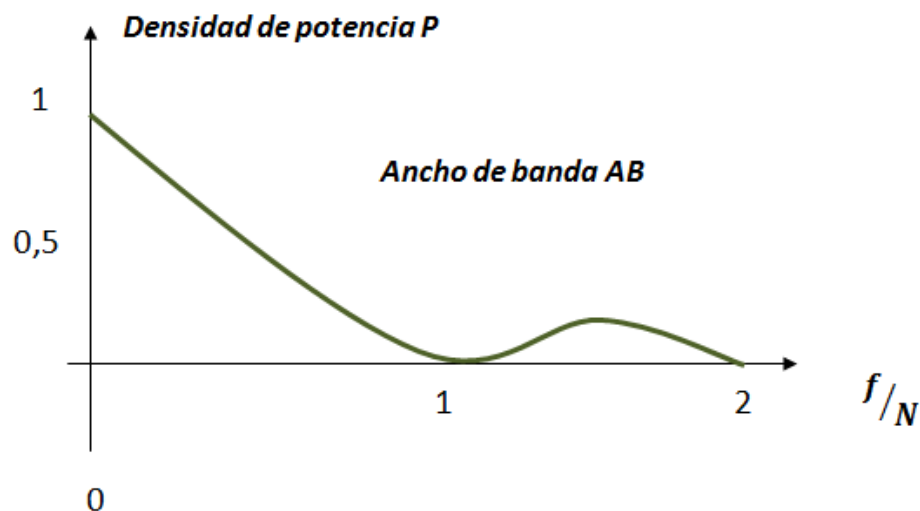


Fig.156. Codificación polar NRZ-L y NRZ-I

b) Codificación polar con retorno a cero (RZ)

Para evitar problemas de sincronización entre los relojes del emisor y del receptor, se pone en práctica el esquema denominado codificación polar con retorno a cero (RZ). De esta manera, se evita un problema en el reloj de recepción que no sabe exactamente cuándo termina un bit y cuando comienza el siguiente, con la consecuente desincronización y generación de errores, como vimos anteriormente.

El esquema con retorno a cero (RZ) usa tres medidas que son, valor positivo, valor negativo y valor cero.

En RZ la señal no cambia entre bits, sino durante el periodo de bit. Durante la duración temporal del bit, en su término medio, la señal se va a 0 voltaje, quedando de esta manera hasta el comienzo del nuevo bit. Por tanto, esta codificación polar RZ precisa de dos cambios de señal para codificar un bit, ocupando mayor ancho de banda, lo que efectivamente es un inconveniente. Además un repentino cambio de polaridad, por ejemplo si trabajamos con un par trenzado, da a lugar a que todos los 0 se interpreten como 1 y viceversa. Sin lugar a dudas otro problema es que se trabaja con tres niveles de voltaje, positivo, negativo y cero, lo que complica la operación.

Todos estos impedimentos añadidos dan como resultado que este tipo de codificación con retorno a cero RZ no sea utilizada prácticamente en nuestros días.

El valor de la tasa $r = \frac{1}{2}$ define que un elemento de datos transporta dos elementos de señal, o positivo y cero, o negativo y cero, como veremos en el siguiente gráfico.

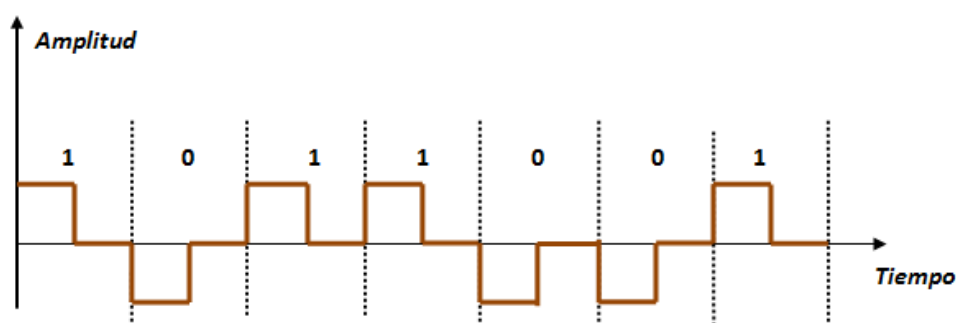


Fig.157 Codificación polar con retorno a cero. RZ

La tasa de baudios o tasa de señal para un factor $c = \frac{1}{2}$ y con la tasa $r = \frac{1}{2}$ sería

$$S = c \times N \times \frac{1}{r} = \frac{1}{2} \times N \times \frac{1}{\frac{1}{2}} = N \text{ baudios}$$

Esta esquema de codificación RZ no tiene problemas de componentes DC ya que la densidad de potencia transmitida se sitúa en la parte central de la relación de frecuencias, concretamente en $N/2$, con lo que no se dan una acumulación de energía en las frecuencias bajas cercanas cero, como ocurría en los casos anteriores NRZ-L y NRZ-I que si tienen

dificultades con los componentes DC cuya densidad de potencia se situaba principalmente entre 0 y $N/2$.

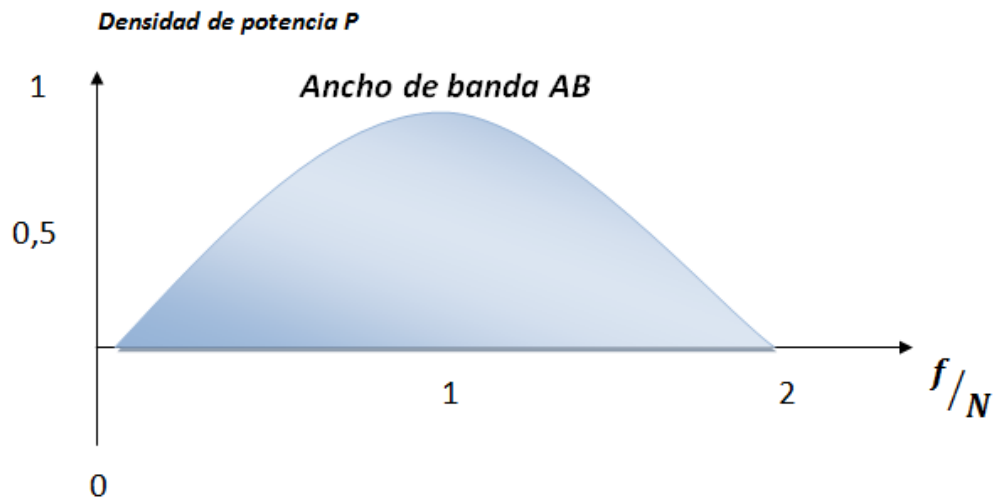


Fig.158 Codificación polar RZ

c) Codificación polar bifásica: Manchester

Las codificaciones que veremos a continuación se denominan bifásicas porque cada bit se divide a su vez en dos partes, cada una de ellas con fase opuesta entre sí.

En la codificación Manchester la duración temporal del bit se divide en dos mitades, manteniéndose el voltaje en un mismo nivel durante la primera parte del bit, desplazándose a otro nivel en la segunda parte del bit.

El cambio de voltaje a mitad del bit facilita la sincronización entre emisor y receptor.

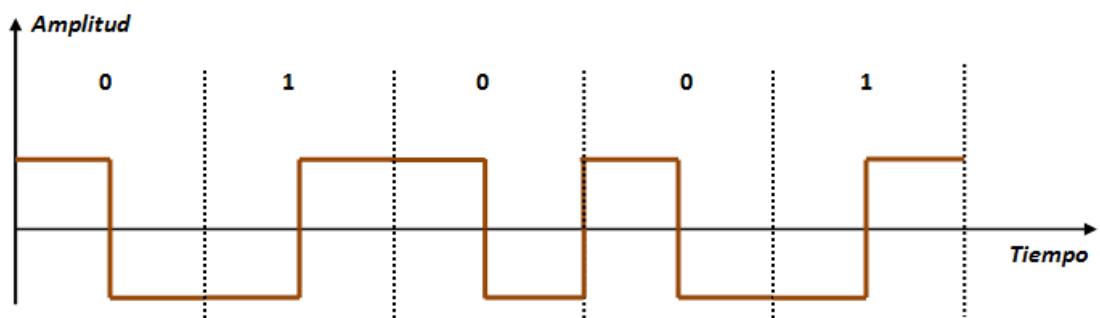


Fig.159 Codificación Mánchester

En realidad, la codificación Manchester integra los conceptos de codificación polar con retorno a cero RZ y NRZ-L, ya que la señal cambia durante el bit, concepto base de RZ y lo hace con el cambio de voltaje, idea que subyace en la codificación NRZ-L.

d) Codificación polar bifásica: Manchester diferencial.

En este tipo de codificación, la transición también se produce en mitad del bit, sin embargo el valor del mismo se determina al comienzo del mismo, habiendo cambio si el siguiente bit es 0 y no cambiando si el siguiente bit es 1. Por eso, Manchester diferencial es una combinación de RZ y NRZ-I, ya que el concepto fundamental de este último es cambio si el siguiente bit es 0 y continuidad si el bit es 1.

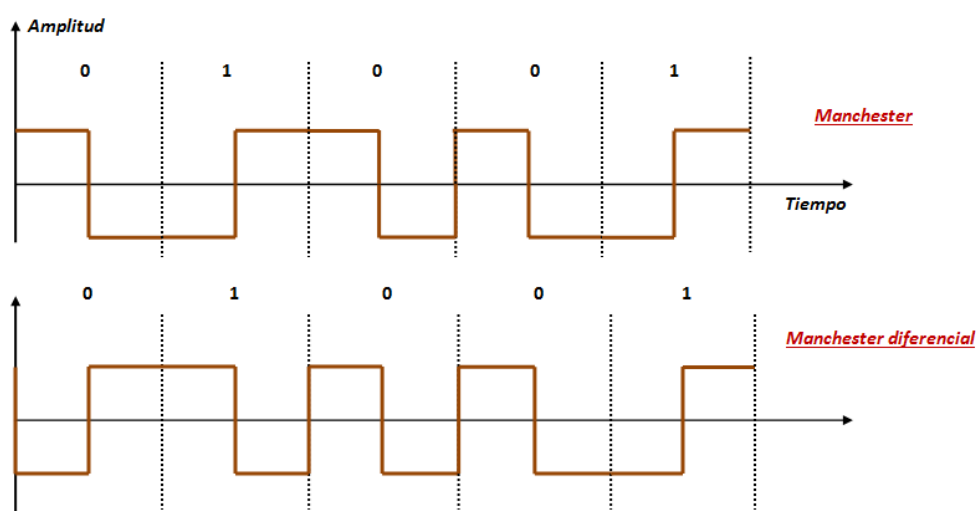


Fig. 160 Codificación Manchester diferencial

Ambos tipos de codificación mejoran los problemas inherentes a las codificaciones NRZ-L y NRZ-I, ya que no existen derivaciones de la línea base, ni componentes DC, ya que cada bit tiene una componente de voltaje positiva y otra negativa.

Sin embargo, estas ventajas quedan mermadas por el hecho de la tasa de señales ya que, por su especial diseño, es el doble que la de una codificación NRZ puesto que hay una transición en la mitad del bit e incluso al final del mismo.

El valor de la tasa de señales se calcula para ambas codificaciones considerando que la tasa $r = \frac{1}{2}$ y que el valor de $c = \frac{1}{2}$ se sitúa en un término medio. Con esos valores, la tasa de baudios es

$$S = N \text{ baudios}$$

El ancho de banda para ambas codificaciones se muestra en el siguiente gráfico

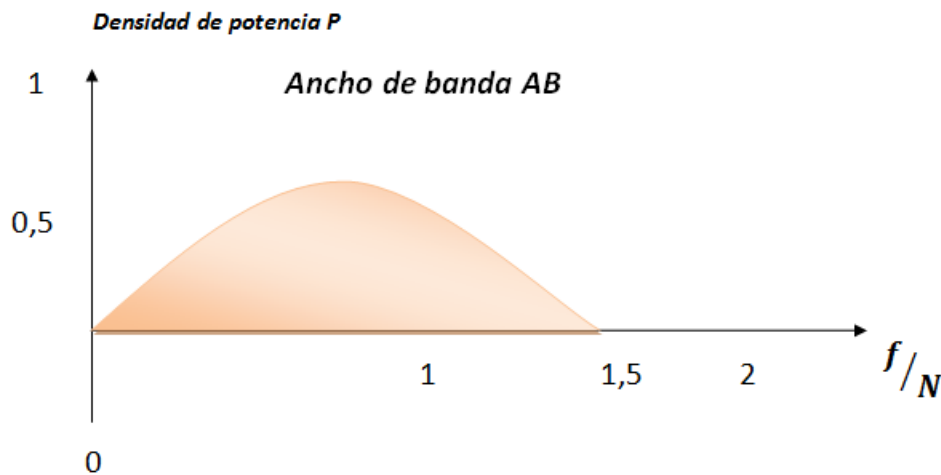


Fig. 161 Codificación Manchester y Manchester diferencial

21.3.3 Codificación de línea bipolar

La codificación de línea bipolar cuenta con tres niveles de voltaje: positivo, cero y negativo. Por su configuración, también se conoce como *codificación binaria multinivel*.

Un elemento de datos puede tener su nivel de voltaje en cero, mientras que otro alterna el nivel de voltaje entre positivo y negativo.

A su vez la codificación bipolar puede ser de dos tipos:

- Codificación bipolar con inversión de marca alternada **AMI**
 - Codificación bipolar pseudoternaria
- a) Codificación bipolar con inversión de marca alternada, AMI.

Esta clase de codificación tiene puntos en común con el lenguaje usado en telegrafía, ya que la palabra marca proviene de ese medio de transmisión en la que significa 1. Por tanto, el concepto de inversión de marca alterada representa *inversión de 1 con alternancia*.

Un valor de voltaje neutral se simboliza con un 0 binario. El 1 binario se muestra con valores de voltaje positivo y negativo alternativamente.

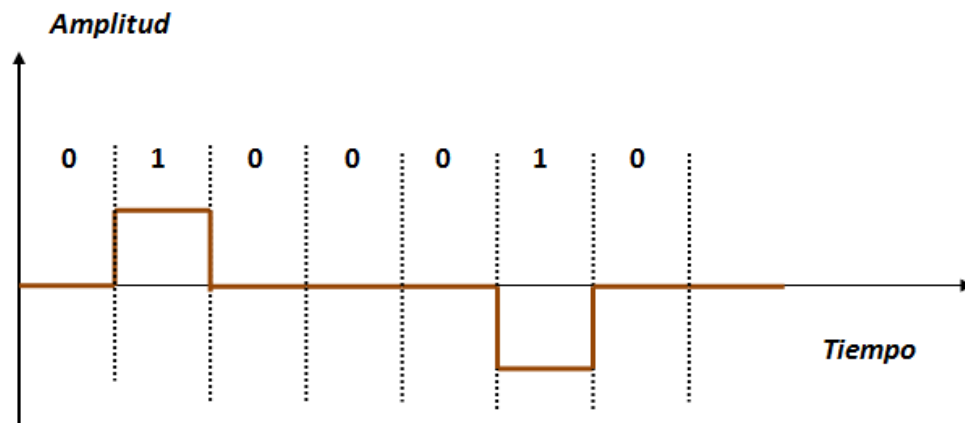


Fig.162. Codificación 162

La codificación bipolar AMI no tiene componentes DC por la sencilla razón de que una larga sucesión de 1 estaría alternando constantemente, mientras que una larga sucesión de 0 tendrían amplitud cero, que es lo mismo que no tener componente DC.

La codificación AMI se usa principalmente para comunicaciones de larga distancia, aunque pueden aparecer dificultades de sincronización entre emisor y receptor si se dan extensas sucesiones de 0 consecutivos.

b) Codificación bipolar pseudoternaria

Se trata de una variante de la codificación bipolar AMI en la que ahora la alternancia se produce en la que un bit a 0 se codifica alternativamente, mientras que un bit a 1 se codifica como un voltaje cero.

Por la misma razón que en la codificación AMI, la codificación bipolar pseudoternaria no tiene componentes DC, la diferencia es que ahora son los bit 0 los que alternan y los bit 1 los que tienen amplitud cero.

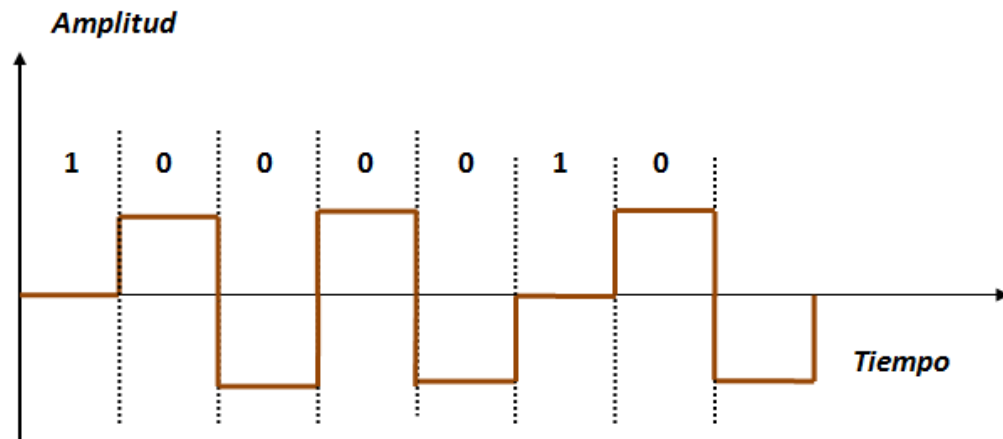


Fig. 163. Codificación bipolar pseudoternaria

La representación gráfica de ancho de banda para las codificaciones bipolares AMI y pseudoternaria es la que se muestra en el siguiente gráfico

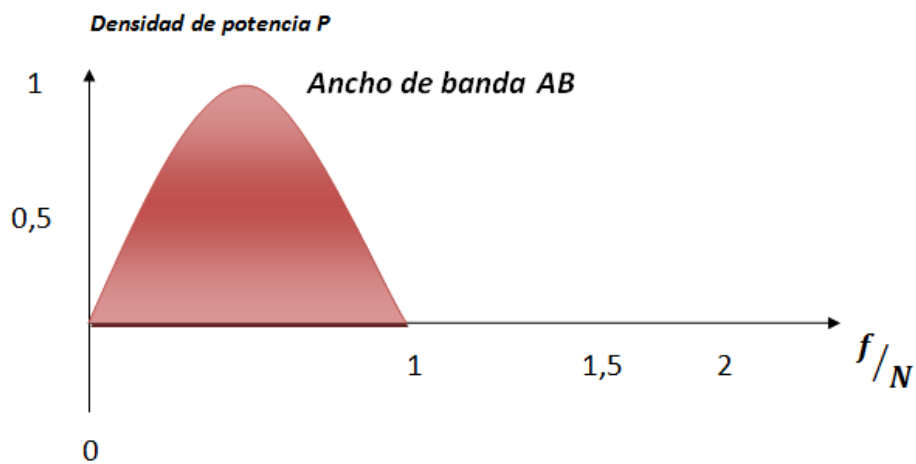


Fig. 164. Codificación AMI y pseudoternaria

El valor de S , tasa de señal, es

$$S = c \times N \times \frac{1}{r} = \frac{1}{2} \times N \times \frac{1}{1} = \frac{N}{2} \text{ baudios}$$

Puesto que el valor de la tasa $r = 1$, mientras que $c = \frac{1}{2}$

21.4 Esquemas multinivel.

Uno de los propósitos de la ingeniería de computación es aumentar la velocidad de transmisión, la capacidad de transmitir un número mayor de bits por baudio de tal manera que sea posible codificar un patrón de m bits en un patrón de n elementos de señal.

Como solo hay dos clases de elementos de datos, los bits 0 y 1, un grupo de m elementos de datos puede dar como resultado un patrón de 2^m patrones de datos.

Por el contrario se pueden conseguir diferentes tipos de elementos de señal posibilitando distintos niveles de señal. Si se tienen L niveles de distintos se pueden producir L^n combinaciones de patrones de señal.

Se dan los siguientes supuestos:

- 1) $2^m = L^n$ En este caso cada patrón de dato se codifica en el mismo patrón de señal.
- 2) $2^m < L^n$ Entonces los patrones de datos ocupan un subconjunto de los patrones de señal.
- 3) $2^m > L^n$ No es posible la codificación de datos, ya que algunos patrones de datos no pueden ser codificados.

Entendemos como esquemas multinivel aquellas codificaciones como

$$mBnL$$

En las que m es la longitud del patrón binario, B representa dato binario, n es la longitud del patrón de señal y L el número de niveles de señal. Las dos primeras letras definen el patrón de datos y las dos segundas el patrón de señal. En este tipo de codificación $2^m < L^n$

A veces cuando el valor de L es 2 nos encontramos con la letra B (binario) ó T (ternario) cuando el valor de L es 3. Del mismo modo para $L=4$ nos encontraríamos con Q (cuaternario)

21.4.1 Esquema multinivel 2B1Q

Conocido como *2 binario uno cuaternario 2B1Q*, usa patrones de datos de tamaño 2 y codifica patrones de dos bits como un elemento de señal que pertenece a una señal de 4 niveles

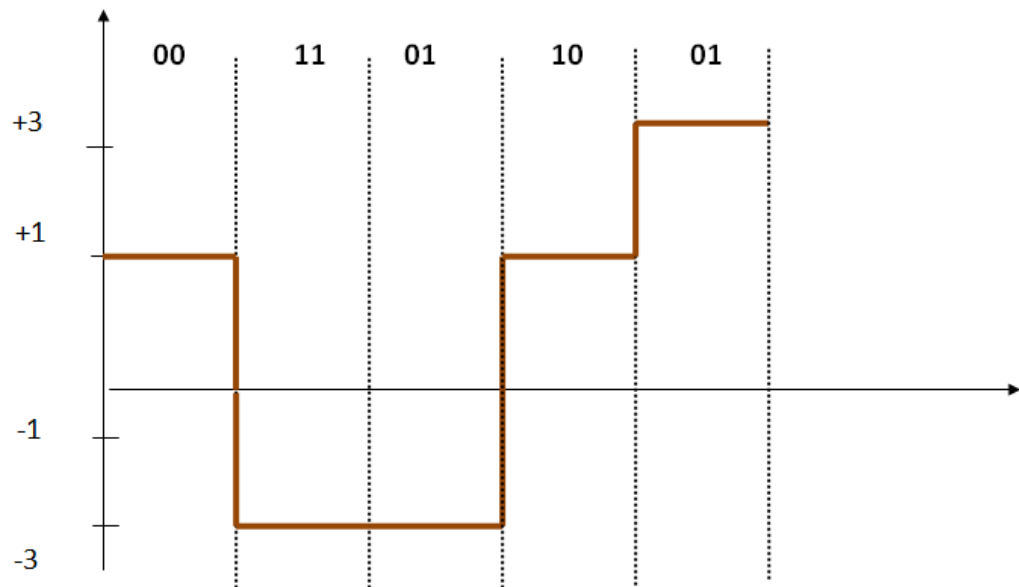


Fig. 165 Codificación multinivel 2B1Q

En 2B1Q el valor de las variables es: $m=2$ $n=1$ $L=4$ por lo que

$$2^2 = 4^1$$

La tasa de señal es

$$S = c \times N \times \frac{1}{r} = \frac{1}{2} \times N \times \frac{1}{2} = N/4 \text{ baudios}$$

dato que viene a decir que utilizando 2B1Q se puede alcanzar el doble de velocidad de transferencia que usando NRZ-L.

Sin embargo, 2B1Q utiliza cuatro niveles de señal (+3; +1; -1; -3) lo que significa que el receptor tiene que comprender cuatro orígenes distintos

En cuanto a la forma de comportarse los niveles de señal en la codificación de los bits, vemos en la siguiente tabla que varían de positivo a negativo sucesivamente

| <i>BITS siguientes</i> | <i>Nivel anterior positivo</i> | <i>Nivel anterior negativo</i> |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 00 | +1 | -1 |
| 01 | +3 | -3 |
| 10 | - 1 | +1 |
| 11 | -3 | +3 |

Y por tanto según este esquema multinivel

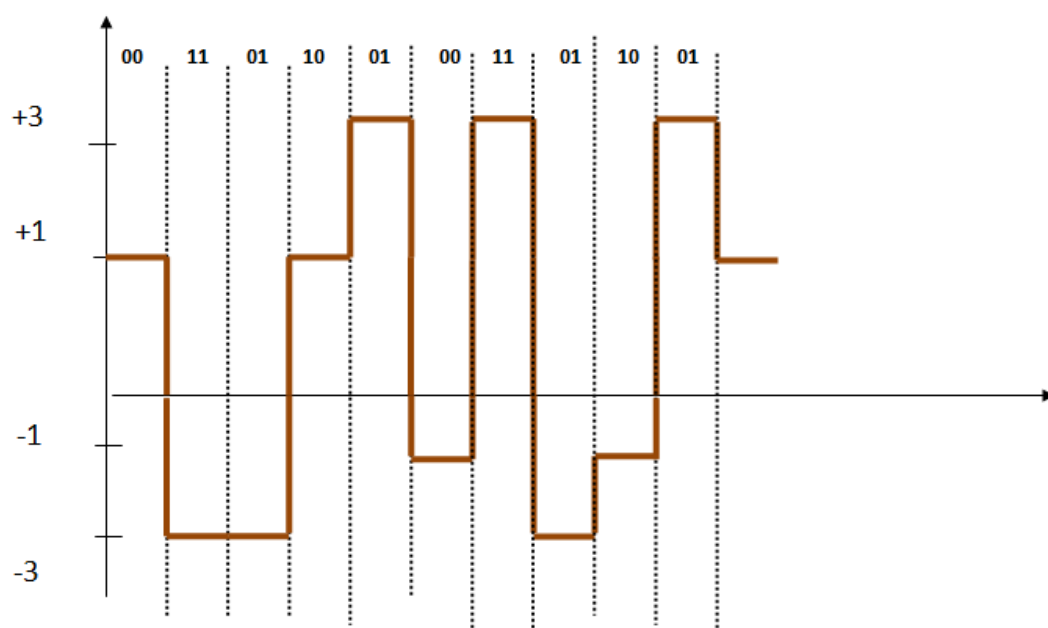


Fig.166 Codificación 2B1Q

La codificación 2B1Q se emplea en la tecnología DSL ó línea de abonado digital, con el fin de proporcionar una conexión de alta velocidad a Internet. Como sabemos este tipo de conexión de abonado digital hace uso de la línea telefónica del usuario para llevar a cabo la conexión con la Red.

21.4.2 Esquema multinivel 8B6T

Por tanto *ocho binario seis ternario*. La intención es codificar un patrón de datos de 8 bits como un patrón de 6 elementos de señal, teniendo la señal 3 niveles (ternario)

Veamos una representación gráfica

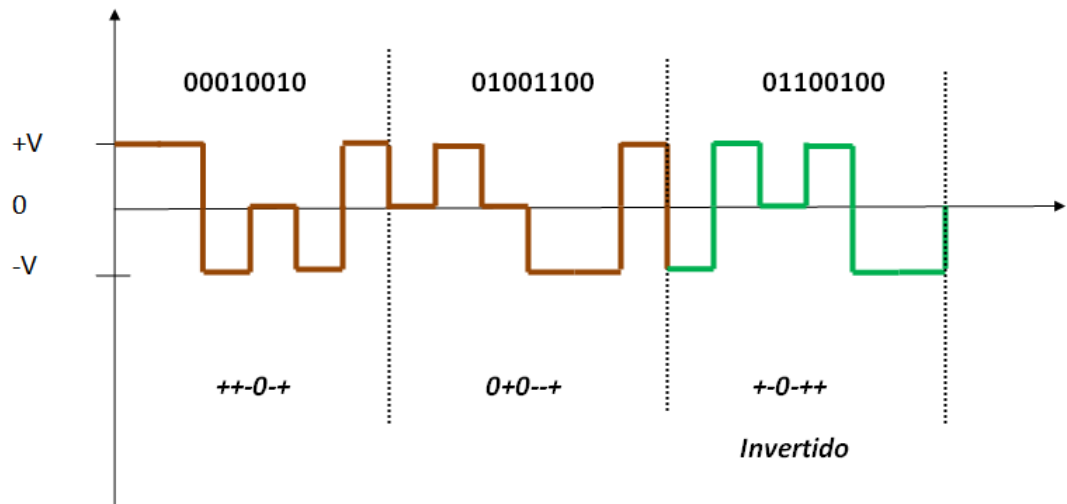


Fig.167 Codificación 8B6T

Patrón de 8 bits como observamos en la figura. Esto quiere decir que podemos obtener $2^8 = 256$ patrones de datos distintos.

Tres niveles de señal (+V, 0-V) y 6 elementos de señal, como por ejemplo en el primer pulso (++-0-+). Esto nos proporciona (L^n) 3^6 patrones de señal distintos

Existen 222 elementos de señal redundantes ($2^m < L^m$) ya que $478 - 256 = 222$. Estos elementos de señal redundantes ofrecen sincronización y detección de errores.

Para crear equilibrio en el componente DC el emisor invierte la señal en el tercer patrón, como vemos en la figura. El receptor reconoce fácilmente la inversión interpretándola como parte del equilibrio.

La tasa de baudios medios de este esquema es

$$S = \frac{1}{2} \times N \times \frac{6}{8} = \frac{3N}{8} \text{ baudios}$$

aunque en la práctica el ancho de banda mínimo está más cerca de $6N/8$

El esquema 8B6T se suele aplicar en la transmisión a través de cable 100BASE-4T.

21.4.3 Esquema multinivel 4D-PAM5

O también *cuatro dimensional con modulación con amplitud de pulso de cinco niveles*.

4D denota que los datos se transmiten empleando 4 cables simultáneamente.

Por las siglas, vemos que utiliza 5 niveles de voltaje (+2,+1,0,-1,-2) El nivel de voltaje 0 solamente se usa para detección de errores hacia delante.

Una palabra de 8 bits se corresponde con un elemento de señal de 4 niveles.

Veamos su representación gráfica

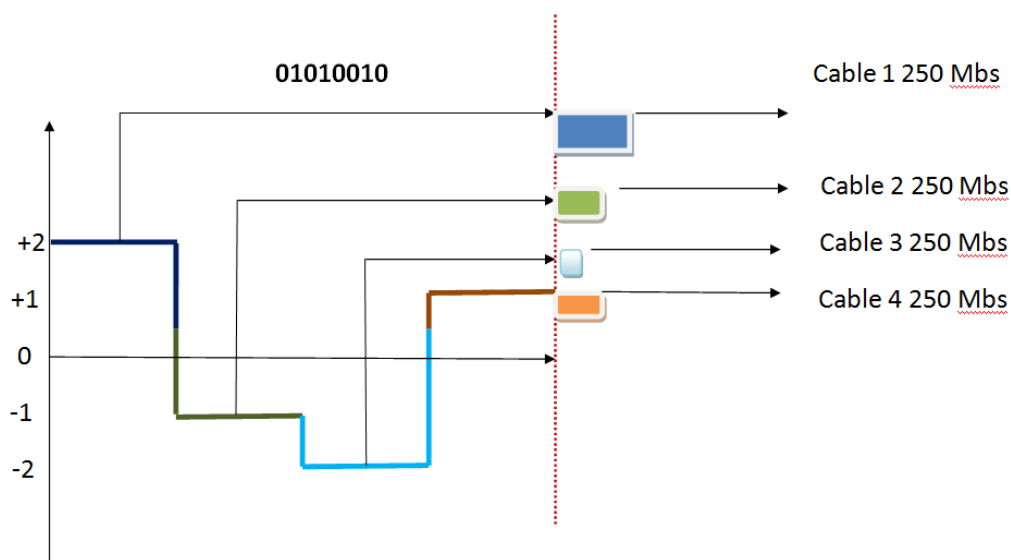


Fig. 168 Esquema multinivel 4D-PAM5

La tasa de señales se puede reducir hasta $N/8$. Los cuatro elementos de señal comprenden un grupo de señales que se envían al mismo tiempo sobre cuatro dimensiones físicas, que son los cuatro cables.

Las redes LAN Gigabit utilizan este tipo de codificación multinivel para enviar datos a 1Gbps sobre cuatro cables de cobre que pueden trabajar cada uno con 125 Mbaudios (MBd)

En este caso, $2^8 = 256$ *patrones de datos* se hacen corresponder con $4^4 = 256$ *patrones de señales*.

21.4.4 Transmisión multinivel MLT-3

En el caso de que se cuente con una señal con más de dos niveles, es posible plantear un esquema de codificación diferencial (al estilo de Manchester diferencial o NRZ-I) pero en este caso con más de dos reglas de transición, como por ejemplo, la transmisión multinivel MLT-3, conocida también como *transmisión Multilínea nivel 3*.

MLT-3 emplea tres niveles (+V, 0, -V) y tres reglas de transición de cara a operar entre los tres niveles descritos.

Las tres reglas de transición son:

- a) Si el siguiente bit es 0 no hay transición
- b) Si el siguiente bit es 1 y el nivel actual no es 0, el siguiente nivel es 0.
- c) Si el siguiente bit es 1 y el nivel actual es 0, el siguiente nivel es el opuesto al último nivel distinto de 0.

Veamos cómo se representan estas tres reglas en un caso práctico.

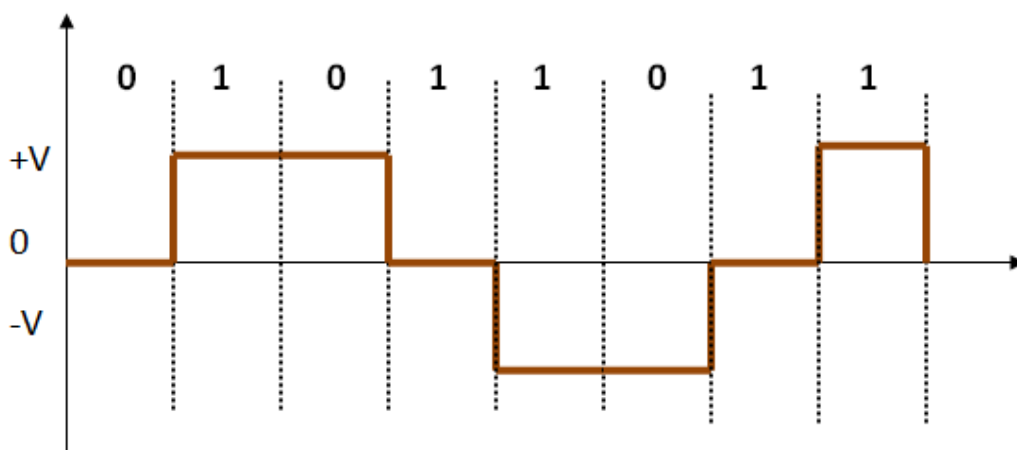


Fig.169 Transmisión Multinivel MLT-3

La utilización de este esquema multinivel ayuda a reducir el ancho de banda requerido en la transmisión, una importante razón para su puesta en práctica a pesar de que pudiese extrañar el uso de este esquema parecido a NRZ-I con un bit por elemento de señal, tres niveles y unas normas de transición complicadas.

La tasa de baudios en MLT-3 es $N/4$ lo que facilita la operación cuando se desea transmitir datos a un bitrate de 100Mbps sobre un cable de cobre que no puede tolerar más de 32MHz algo habitual en las redes LAN.

21.4.5 Codificación de bloques o codificación mB/nB

La codificación de bloque mejora sustancialmente la codificación de línea ya que refuerza dos conceptos fundamentales en la transmisión como son la redundancia y la detección de errores.

El técnica consiste en transformar un bloque de m bits en otro bloque de n bits, donde

$$n > m$$

Es preciso prestar atención al detalle de la barra que separa los términos mB de nB ya que su inclinación distingue la codificación de bloques de la codificación multinivel. Así 4B/5B es una codificación de bloques y 2B1Q es una codificación de línea que no introduce ninguna barra en su representación.

El procedimiento de codificación de bloques implica tres fases:

- a) División
- b) Sustitución
- c) Combinación

En la fase de división, una secuencia de bits se divide en grupos de m bits. Por ejemplo, en la codificación de bloques 4B/5B la secuencia de bits se divide en grupos de 4 bits.

En la segunda fase, denominada de sustitución, se procede a sustituir un grupo de m bits por un grupo de n bits. Siguiendo con el ejemplo de la codificación de bloques 4B/5B el grupo de 4 bits en que se había dividido la secuencia original se sustituye por un grupo de 5 bits.

Para finalizar, la fase de combinación procede a conjuntar los grupos de n bits hasta formar un flujo, de tal manera que esta nueva secuencia contiene más bits que la original.

21.4.6 Codificación de bloques 4B/5B

En el caso de a codificación 4B/5B su implementación estuvo orientada a ser empleada en composición con NRZ-I.

Como sabemos NRZ-I tiene la propiedad de contar con una tasa de señales muy favorable para la transmisión, aunque uno de sus defectos es que tiene problemas de sincronización en secuencias muy extensas de ceros dando como resultad la pérdida de sincronización del receptor. Una medida acertada es modificar el flujo antes de la codificación con NRZ-I, lo que se consigue con la codificación de bloques 4B/5B ya que no habrá más de tres ceros consecutivos. La técnica implica dos codificaciones, una de línea y otra de bloques antes de proceder a la transmisión y dos decodificaciones en la recepción, la primera una secuencia bits por la decodificación NRZ-I y la segunda la decodificación 4B/5B para eliminar la redundancia introducida.

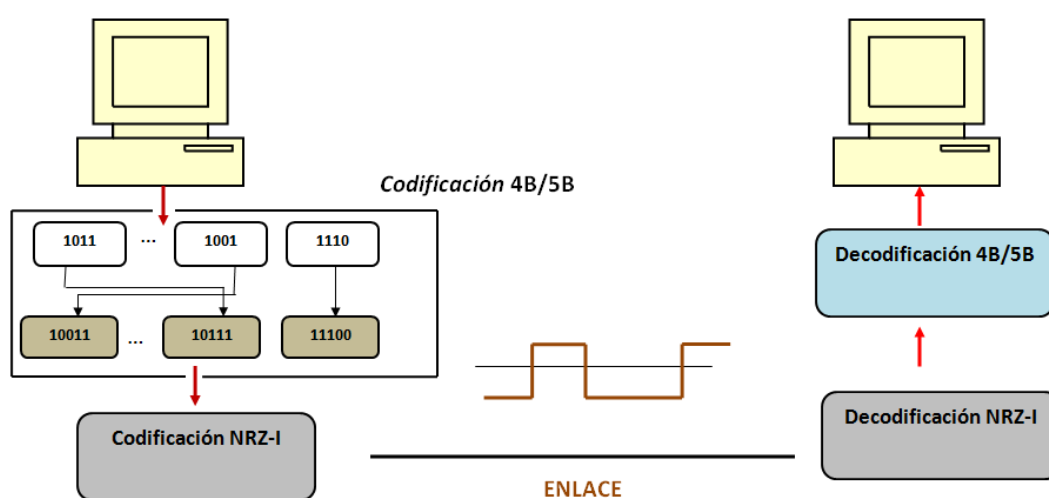


Fig.170 Codificación 4B/5B

| <i>Secuencia de datos</i> | <i>Secuencia codificada</i> | <i>Secuencia control</i> | <i>Secuencia de decodificada control</i> | <i>de</i> |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|-----------|
| 0000 | 1110 | Q(silencio) | 00000 | |
| 0001 | 01001 | I (inactivo) | 11111 | |
| 0010 | 10100 | H (parada) | 00100 | |
| 0011 | 10101 | J(delimita comienzo) | 11000 | |

| | | | |
|------|-------|-----------------------|-------|
| 0100 | 01010 | K (delimita comienzo) | 10001 |
| 0101 | 01011 | T (delimita fin) | 01101 |
| 1100 | 01110 | S (establecer) | 11001 |
| 0111 | 01111 | R (reiniciar) | |
| 1000 | 10010 | | |
| 1001 | 10011 | | |
| 1010 | 10110 | | |
| 1011 | 10111 | | |
| 1100 | 11010 | | |
| 1101 | 11011 | | |
| 1110 | 11100 | | |
| 1111 | 11101 | | |

La tabla muestra las correlaciones empleadas en la codificación por bloques 4B/5B. La primera columna corresponde a los grupos de 4 bits en los que se ha dividido la secuencia original. La segunda columna es el producto de la sustitución de los grupos de 4 bits en grupos de 5 bits. Tengamos en cuenta que un grupo de 4 bits puede tener $2^4 = 16$ combinaciones, mientras que un grupo de 5 bits tiene $2^5 = 32$ combinaciones. Este dato expresa que hay 16 combinaciones que no se usan en esta codificación, aunque este hecho no quiere decir que no tengan utilidad. Por ejemplo, algunas de estas 16 combinaciones se emplean como control y detección de errores. La última columna indica algunos grupos de 5 bits decodificados usados como control. Si el receptor recibe alguno de estos grupos de bits detecta que se ha producido un error en la transmisión, porque, como podemos observar, ninguno de ellos se corresponde con alguno de la secuencia codificada que a su vez tienen una correlación con los grupos de 4 bits.

La codificación de bloques 4B/5B pone remedio al problema de sincronización de la codificación de línea NRZ-I, aunque introduce más tasa de baudios que la correspondiente a ésta última. En concreto un 20% más de tasa de señales.

21.4.7 Codificación de bloques 8B/10B

En este tipo de codificación de bloques un grupo de 8 bits se convierte en un grupo de 10 bits.

En realidad el desarrollo es similar al anterior, aunque en este caso podríamos hablar de una combinación de dos técnicas de codificación de bloques como son 5B/6B junto con 3B/4B.

La técnica consiste en una división previa antes de la introducción de la secuencia original en los codificadores 5B/6B y 3B/4B. Así, la secuencia original de 8 bits se subdivide en dos secuencias de 5 y 3 bits. Los primeros 5 bits pasan al codificador 5B/6B y los 3 restantes al otro codificador. Todo este proceso tiene como objetivo sintetizar la tabla de proyección que vimos anteriormente en la codificación 4B/5B. Para evitar largas secuencias de ceros o unos se emplea un control de disparidad que rastrea la preponderancia de 0 sobre 1, o al contrario, en las secuencias generadas, solucionando el problema cambiando un 0 por un 1 o un 1 por un 0 si la secuencia tiene una sucesión significativa de unos.

Esta codificación cuenta con 768 grupos redundantes, cifra que se obtiene de la siguiente operación

$$2^{10} - 2^8 = 1.024 - 256 = 768$$

Es decir, existen 768 grupos de 10 bits que no tienen ninguna correlación con los 256 grupos de 8 bits. Estos grupos redundantes se emplean en detección de errores, de la misma manera y con la misma intención con la que se dedicaron los grupos de 5 bits sobrantes en la codificación de bloques 4B/5B. El hecho de contar con 768 grupos de 10 bits sin correlación y usar parte de ellos como control, da como resultado que la detección de errores y la sincronización sea muy superior a las correspondientes en la codificación de bloques 4B/5B.

21.5 Técnicas de Aleatorización para transmisiones a larga distancia.

Es necesario emplear el esquema de codificación adecuado para transmisiones largas distancias.

Los contemplados hasta el momento contienen algún inconveniente que los invalida para esta función. Los bifásicos Manchester son desestimados porque requieren un mayor ancho de banda. La combinación de NRZ-I con la codificación de bloques sintetizada en 4B/5B no es adecuada por su componente DC.

Parecería que la codificación AMI podría reunir más virtudes que defectos si quisiésemos emplearla para transmisión de datos a largas distancias, ya que el ancho de banda que requiere es más reducido y no tiene componentes DC si bien en su contra se encuentra la desincronización en secuencias largas de ceros. Si este inconveniente pudiese ser subsanado, la codificación AMI sería la más apropiada para acometer esta clase de transmisiones.

Para ello, se diseña el concepto de Aleatorización. Esta técnica transforma una larga secuencia de ceros en otra cuya secuencia en la se ha empleado una combinación de otros niveles para conseguir la necesaria sincronización. En definitiva, la codificación AMI es modificada mediante la introducción de pulsos de acuerdo con las normas de Aleatorización requeridas.

Nos encontramos con dos modelos que emplean este proceso: B8ZS y HDB3

a) Aleatorización B8ZS

Esta técnica también se conoce como *bipolar con sustitución de ocho ceros*.

En ella, ocho voltajes sucesivos a nivel cero son reemplazados por la secuencia

000VBOVB

La letra V en la secuencia indica *violación* ya que se trata de un voltaje distinto de cero que rompe (viola) la norma de codificación AMI que, como recordaremos, introduce en la secuencia una polaridad opuesta a la anterior siempre que se trate de bit 1. En este caso, V significa que tiene la misma polaridad del pulso distinto de cero anterior.

La letra B en la secuencia indica *bipolar* que como sabemos significa un voltaje de nivel cero para un elemento de datos, mientras para otro alterna entre

positivo y negativo. La letra B en la secuencia se interpreta como que tiene la polaridad contraria al pulso anterior distinto de cero.

Amabas interpretaciones las veremos a continuación.

Nos encontramos con dos clases. La primera cuando el nivel anterior a la secuencia de 8 ceros es positivo. La segunda cuando este nivel es negativo. Veamos las dos representaciones gráficas.

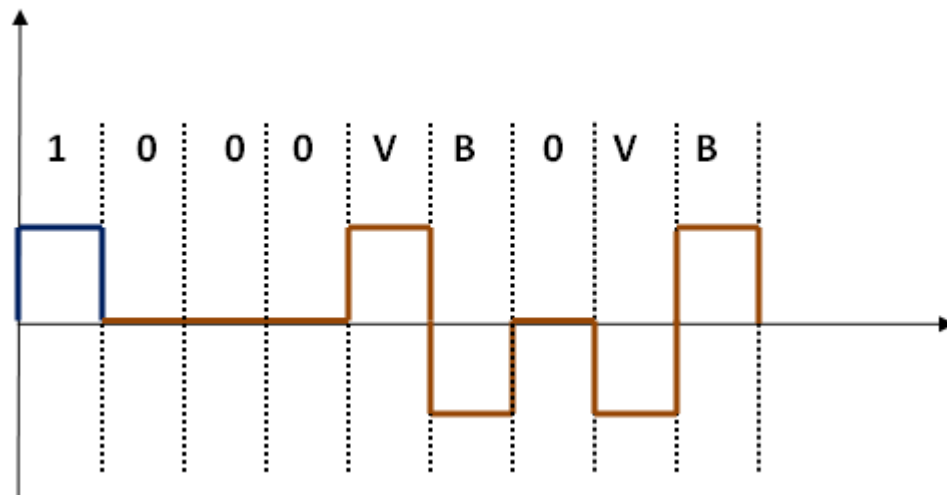


Fig.171. Aleatorización B8ZS

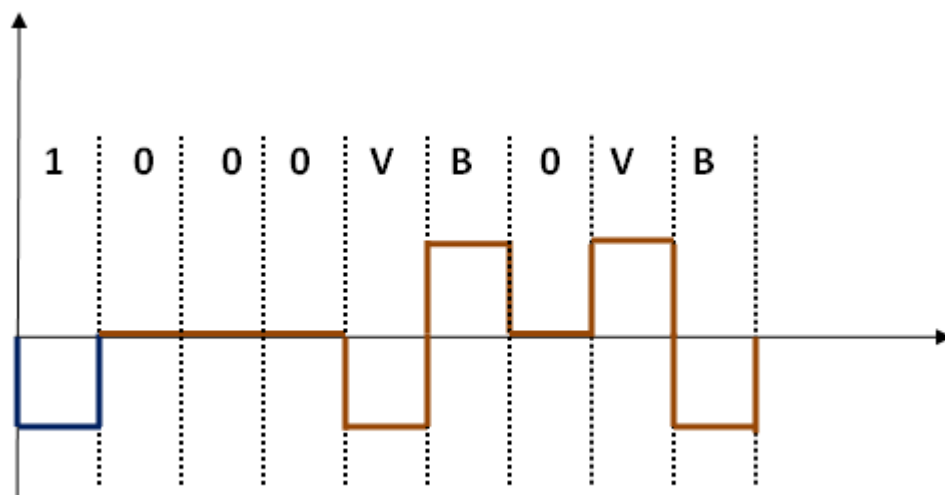


Fig.172 Aleatorización B8ZS

Son varios los detalles a tener en cuenta. En primer lugar, la Aleatorización alterna los voltajes positivo y negativo en dos tandas, positivo-

negativo, positivo-negativo equilibrando el conjunto y el DC. En segundo lugar, la técnica no altera la tasa de bits.

El empleo de este sistema se restringe a Norte América.

b) Aleatorización HDB3

Esta técnica también se conoce como *bipolar de alta densidad con tres cero*.

En este método cuatro voltajes sucesivos con nivel cero son sustituidos por dos tipos de secuencias

000V

B00V

Para llevar a cabo con éxito la técnica se deben de aplicar dos reglas perfectamente definidas:

1. Si el número de pulsos distinto de cero después de la última sustitución es impar, entonces el modelo a aplicar será 000V, que posibilita que el número de pulsos distintos de cero sea par.
2. En el caso de que el número de pulsos después de la última sustitución sea par, el modelo a aplicar será B00V, que hace que el número de pulsos distintos de cero sea par.

Así, si antes de la primera sustitución el número de pulsos distinto de cero es par se aplica B00V. Después de esta sustitución la polaridad correspondiente al bit 1 es cambiada para mantener la norma de la codificación AMI.

Después de este bit 1 se ha de aplicar otra sustitución que en este caso es 000V ya que solo se cuenta con un pulso distinto de cero que lógicamente da un resultado impar.

La tercera permutación es B00V ya que no hay pulsos distintos de cero distintos de cero después de la segunda sustitución

Veámoslo en un esquema que ayudará a comprender la técnica.

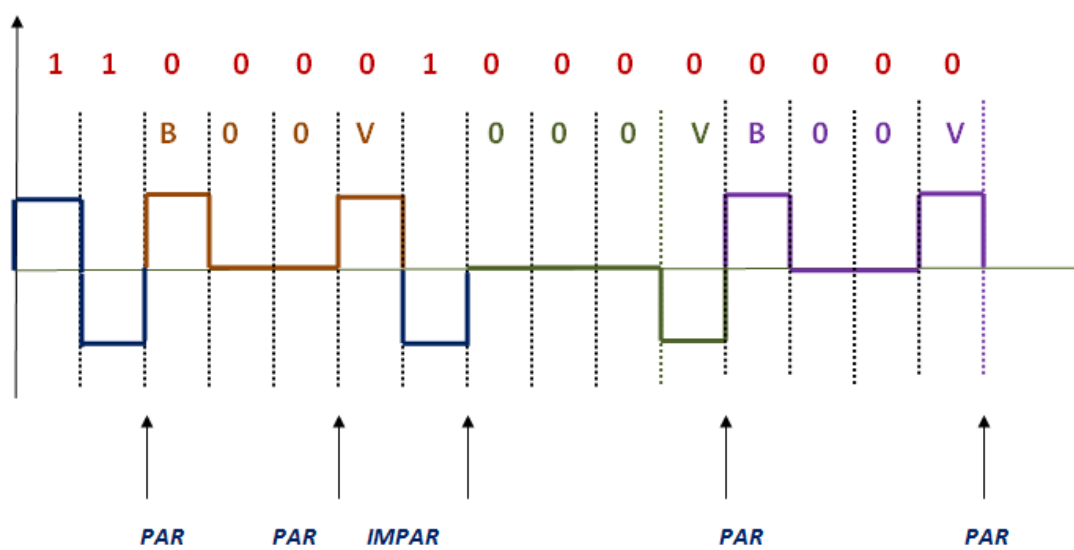


Fig 173. Aleatorización HDB3.

CAPÍTULO TERCERO

TRANSMISIONES VÍA SATÉLITE EN BANDA Ku

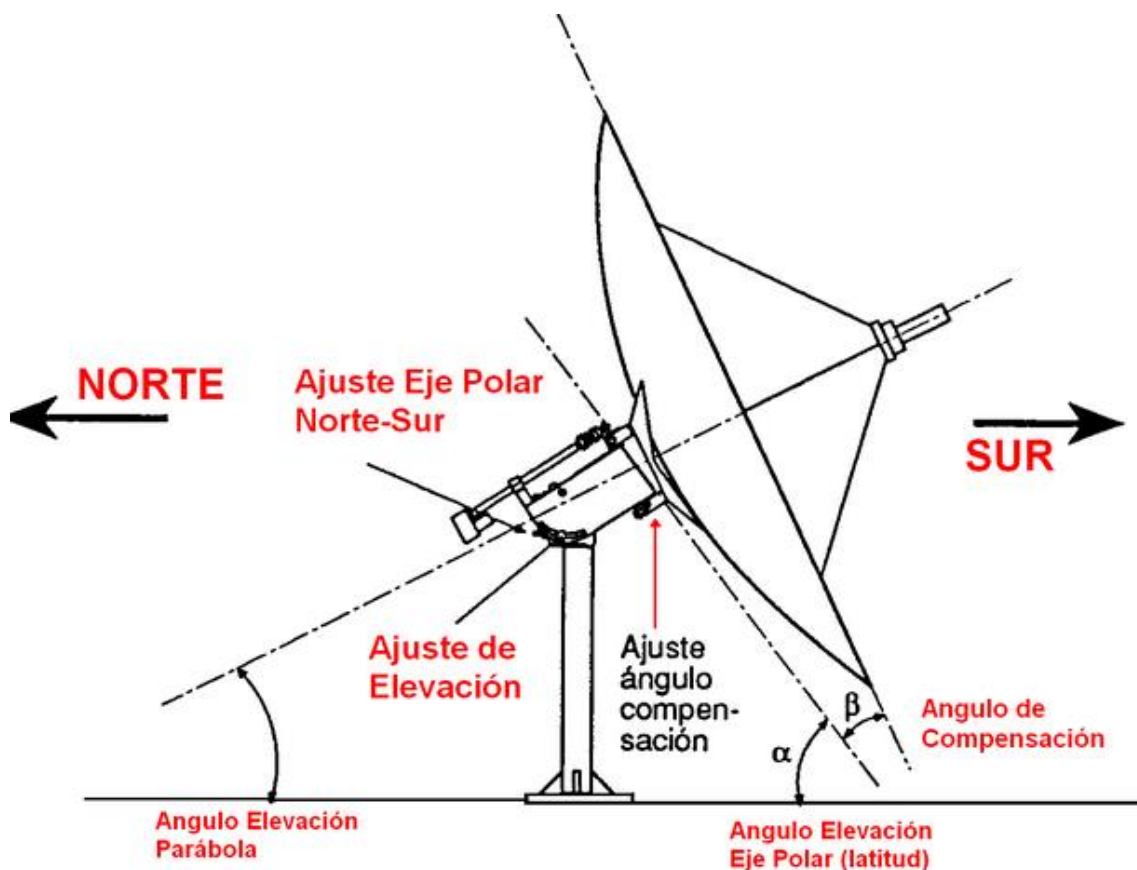
1. SATÉLITES DE COMUNICACIÓN EN ORBITA GEO PARA PRODUCCION DE TELEVISIÓN. OPERACIÓN.

Los satélites que se utilizan para transmitir señales de televisión se ubican en la órbita GEO o geoestacionaria, es decir, se sitúan sobre un mismo punto aparente de la Tierra, con una velocidad de rotación igual a la de nuestro planeta, con una vuelta cada 24 horas.

La órbita GEO está situada sobre el plano del Ecuador y a una distancia de 36.000 Km de la Tierra.

En nuestros país, todos los satélites están situados al Sur, en una curva por encima del horizonte, con un punto de máxima elevación situada justo en el Sur. Algunos de ellos, se sitúan en posición Suroeste y otros en posición Sureste.

Lo mismo ocurre con todos los países que se encuentran en el Hemisferio Norte, para los cuales el Ecuador está en el Sur.



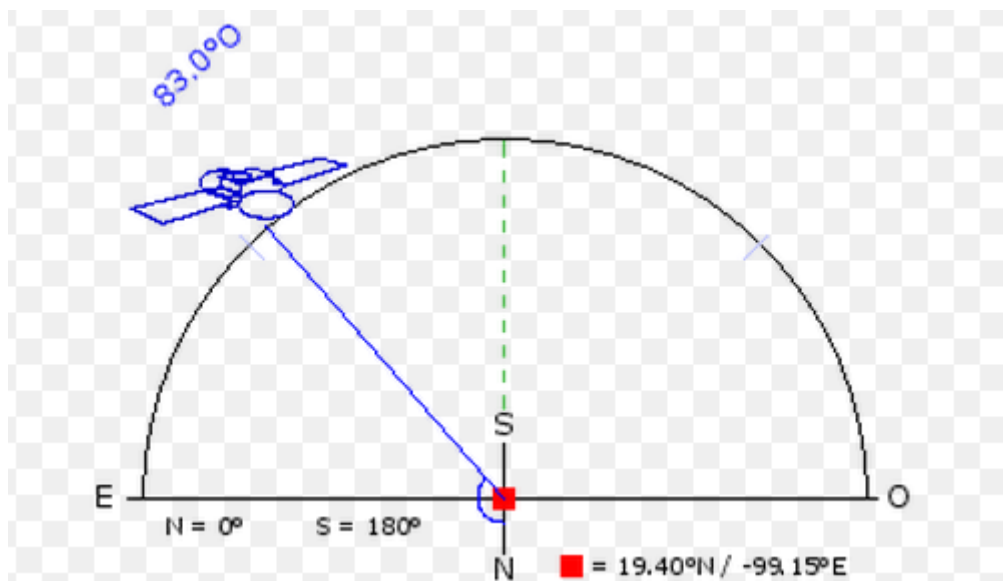


Fig. 174. Antena para Banda Ku. Angulo de elevación

Una de las características por tanto de cada satélite es la posición orbital que ocupan en el Ecuador y su posición con respecto al meridiano de Greenwich o meridiano 0°.

Hispasat está situado sobre el Océano Atlántico a 30° Oeste.

2. PARAMETROS DE LOCALIZACION DE UN SATÉLITE

Los más significativos son

- Elevación: Es el ángulo entre la línea que une la posición satelital con un observador en tierra y el plano tangente a la Tierra en ese punto.
- Azmut: Angulo entre el plano que contiene el meridiano en el que se encuentra el observador y el plano que forman la proyección del satélite sobre el plano tangente a la Tierra en el punto del observador y el eje terrestre.

Ambos conceptos podemos definirlos de manera más sencilla y práctica:

- Elevación: El ángulo al que hay que elevar la antena desde el horizonte para localizar el satélite. No es recomendable trabajar con satélites muy bajo respecto al Ecuador, es decir aquellos que obliguen a la antena a un ángulo de elevación inferior a 15°, ya que no se garantiza una correcta operación y puede dar lugar al efecto de centelleo troposférico.

- b. Azimut: Angulo horizontal al que hay que girar la antena, desde el Polo Norte terrestre para localizar el satélite, en combinación con la elevación.

El azimut no concuerda con el ángulo que define la posición orbital del satélite

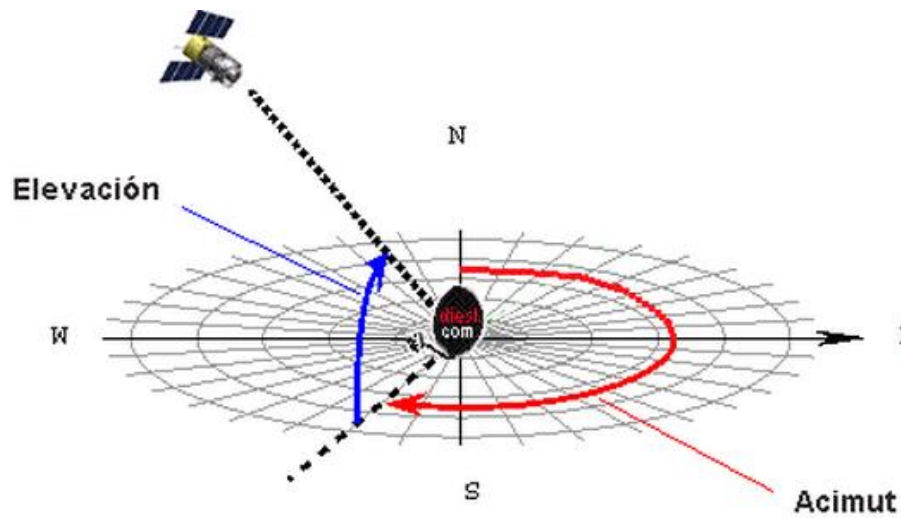


Fig.175. Ángulos de elevación y azimut

3. BANDAS DE FRECUENCIA USADAS EN TRANSMISION VIA SATÉLITE

En la operación de transmisión vía satélite se trabaja con distintos tipos de señales, cada una con una frecuencia distinta, correspondiente cada una de ellas a una banda determinada.

Estas son

| DENOMINACION DE LA BANDA | FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN | FRECUENCIA DE RECEPCIÓN | COMENTARIOS |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Banda Base | 0-300 MHz | 0-300 MHz | Bajas frecuencias |
| Banda 70 MHz | 70-140 | 70-140 | Frecuencia intermedia (IF) |
| Banda L | 950-2.150 | 950-2.150 | Frecuencia intermedia (IFL) |
| Banda C | 3.450-4.200 | 5.850-6.600 | Frecuencia de satélite |
| Banda Ku | 10.700-12.750 | 12.750-14.500 | Frecuencia de satélite |
| Banda Ku Estándar | 14.000-14.500 | | |
| Banda Ku Extendida | 13.750-14.500 | | |
| Banda Ku Súper extendida | 12.750-13.550 | | |
| Banda Ka | 19.000-25.000 | 25.950-32.000 | Frecuencia de satélite |

La frecuencia intermedia es siempre de rango inferior a cualquiera de las frecuencias con las que se trabaja en transmisión (Tx) y recepción (Rx)

Es la que tienen la mayoría de las señales moduladas, con la que se trabaja en la operación satelital.

Es más sencillo operar con frecuencias inferiores a las frecuencias de satélite, en cuanto a distorsión por ruido, problemas de respuestas de cableado por altas por flujo a altas frecuencias, etc

Los equipos correspondientes se encargan de adaptar las señales que llegan en frecuencia en banda L y la frecuencia de satélite deseada.

Llamamos frecuencia de satélite a todas aquellas que se encuentran en las bandas superiores, es decir, banda C, banda Ku y banda Ka.

4. CARACTERISTICAS DE CADA BANDA SATELITAL

Una de las más importantes es que cuanto mayor es la frecuencia más alcance tiene el haz de transmisión de la señal.

Es decir, es necesaria menos potencia para transmitir lo que repercute en menores inversiones de equipamiento y, sobre todo, en el uso de antenas de menor tamaño con diámetro más reducido, lo que redunda en una mayor agilidad de operación.

Esto último convierte a la banda Ka en una banda de transmisión ideal para operaciones en las que se requiere una movilidad de equipos, entendida ésta como la capacidad de desplazarse hasta el lugar de la noticia con la mayor rapidez, y/o, la capacidad para acceder a puntos de difícil acceso con facilidad. Dicha movilidad para una antena operando en banda C, de dimensiones bastante apreciables, es sencillamente imposible.

Sin embargo, la ventaja de la banda C respecto a la banda Ku es que la longitud de onda de mucho mayor con lo que las señales son menos directivas que en banda Ku, donde las dimensiones de sus longitud de onda hacen que sus haces lo sean en extremo. La conclusión es que las transmisiones en banda C son mucho más robustas ante la aparición de incidencias en las cadenas de transmisión y recepción, como pueden ser problemas de desapuntamientos de la antena, por pequeños que estos sean.

Otra ventaja, de gran valor, es que la banda C en relación a la banda Ku es su menor atenuación por los fenómenos atmosféricos en los que la molécula de agua esté presente, como la lluvia, niebla o nieve.

Esta última característica hace que en los países tropicales, donde hay alto riesgo de que los fenómenos atmosféricos como lluvia o niebla estén presentes, se trabaje prioritariamente en banda C.

Algo parecido ocurre en la relación que hay entre las bandas Ku y Ka, ya que esta última está muy debilitada por los mencionados fenómenos atmosféricos.

Además hay que tener en cuenta, que cada banda tiene una determinada carga útil, es decir, la capacidad para absorber un determinado número de transmisiones simultáneas, gracias al número de transpondedores que posea.

5. OPERACIÓN

En realidad un satélite es un dispositivo que devuelve a la Tierra una señal amplificada que previamente ha recibido desde un punto terrestre, que no tiene que coincidir geográficamente con el de la señal devuelta. Es decir, que el haz de subida y el haz de bajada están distintas áreas de cobertura,

Sencillamente, la señal es retransmitida a la Tierra previo cambio a bordo de su frecuencia.

6. TRANSPONDEDORES

En cada satélite hay una cantidad determinada de canales de transmisión a los que se denomina transpondedores, términos que aúna dos conceptos como transmitir y recibir.

A bordo, hay un número determinado, también, de antena de recepción de la señal procedente de tierra, una serie de amplificadores de la señal y unas antenas de transmisión a tierra.

Cada transpondedor trabaja con exclusivamente con un rango determinado de frecuencias dentro de las bandas de transmisión y recepción.

Para cada frecuencia de transmisión de un transpondedor, existe una frecuencia de recepción. Es decir, el satélite recibe una señal en una frecuencia en la banda de transmisión Tx y la devuelve en la frecuencia pareja de recepción Rx. Por consiguiente, las frecuencias de transmisión y recepción en satélite están asociadas.

Un satélite híbrido es aquel que trabaja con varias bandas de frecuencia simultáneamente, como por ejemplo, opera en banda C y Ku. Y no solo puede hacerlo separadamente, sino de manera cruzada, es decir, recibir en un transpondedor en banda C y transmitir a tierra en banda Ku, o al contrario. A esta última operación se la denomina “cross strap”

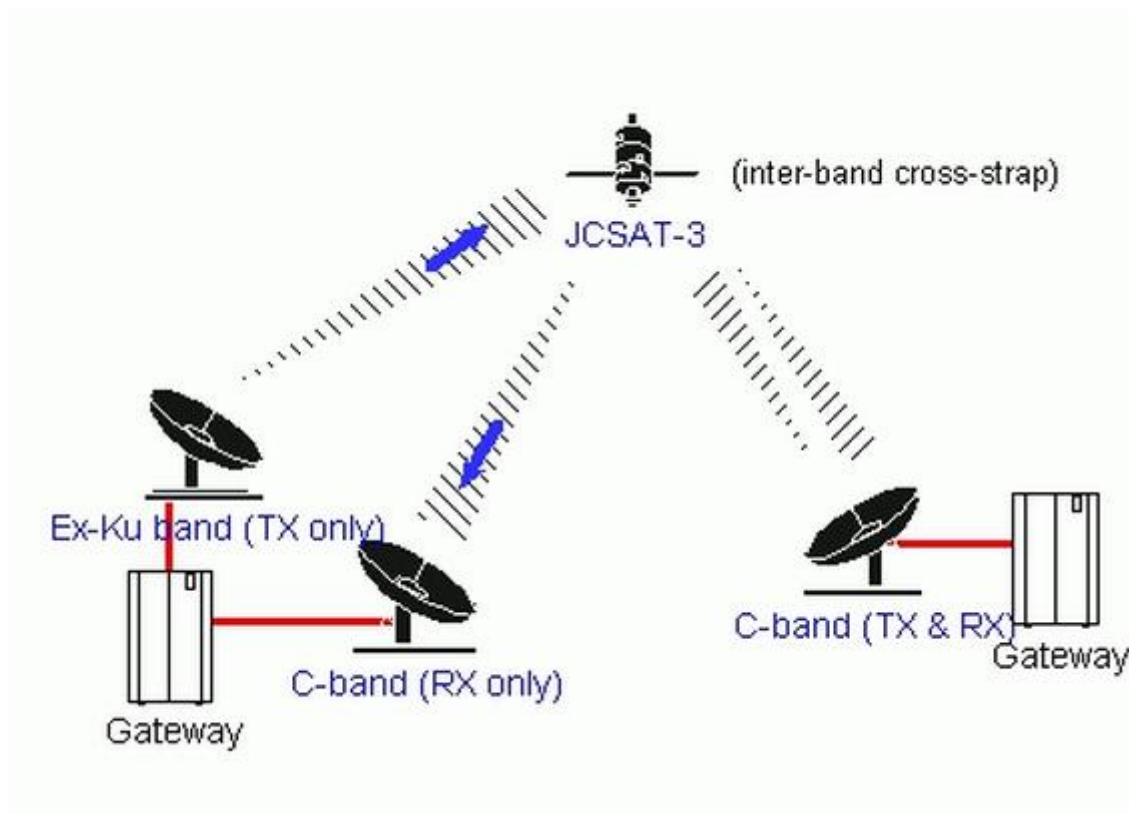


Fig. 176 Satélite trabajando en modo cross-strap

También, es posible configurar el satélite para transmitir a una zona del planeta lo que recibe de otra zona.

Cada constelación de satélites puede ver alterado el número, la organización, y las características de sus transpondedores.

7. CANALES

El administrador del satélite puede dividir el rango de frecuencia de trabajo de los transpondedores en slots de ancho de banda más reducido, a los que se denomina canales y son los que se ofrecen a los clientes para operar sobre ellos.

Por ejemplo, un transpondedor de 36 MHz, que es el ancho de banda común de un transpondedor, puede ser dividido en slots de 3 MHz (12 slots de 3 MHz), 4 (9 slots) 6 (6 slots) 9 (4 slots) 18 (2 slots) 27 (y resta otro de 9 MHz hasta completar la capacidad del transpondedor)

8. POLARIZACION

Las señales que se usan en transmisión y recepción vía satélite son señales compuestas por ondas electromagnéticas. Una de las características de este tipo de ondas es su polarización.

El concepto de polarización está relacionado con la dirección del vector del campo eléctrico y magnético que genera la señal.

Si dos señales electromagnéticas comparten la misma frecuencia se producirá una interferencia entre ellas, imposibilitando una transmisión correcta. Sin embargo, si esas dos señales que comparten la misma frecuencia tienen polaridades contrarias, la interferencia no se produce.

Esto permite al satélite duplicar su capacidad en la carga útil ya que un transpondedor puede trabajar en la misma frecuencia que otro pero con polaridad contraria.

Se trabaja fundamentalmente con dos polaridades, la lineal y la circular.

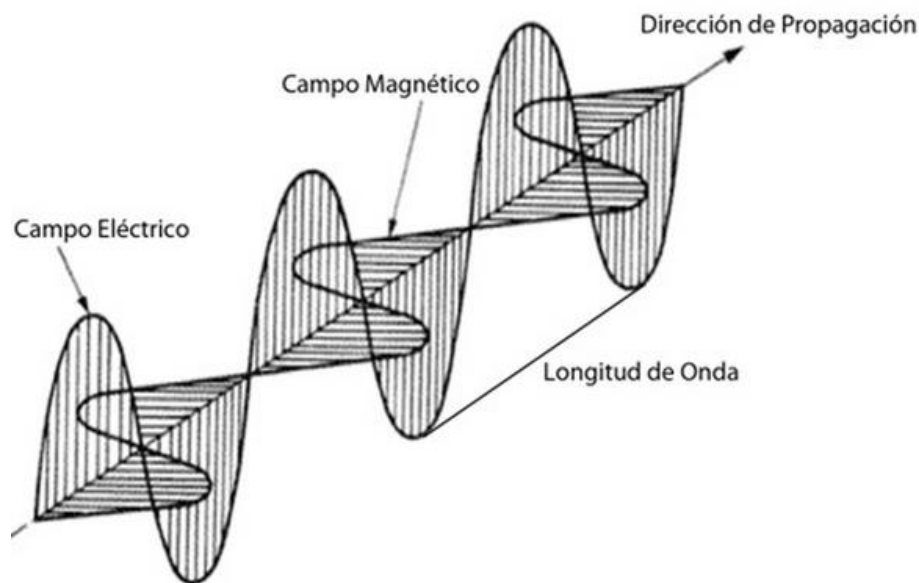


Fig 177 Polarización horizontal y vertical

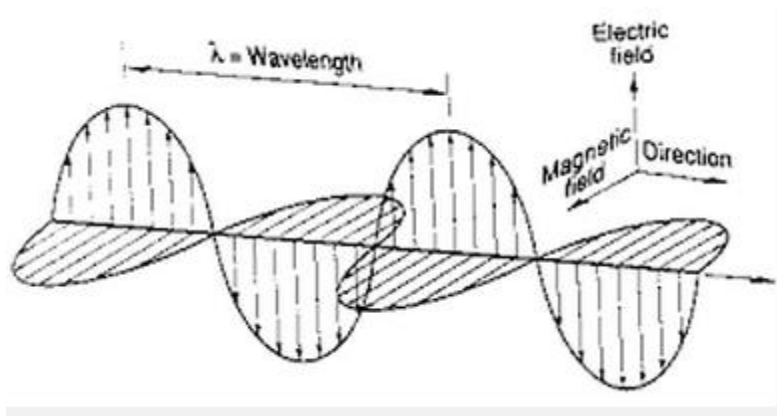


Fig.178 Polarizaciones y dirección de los vectores de los campos eléctrico y magnético

8.1 POLARIZACION LINEAL

La polarización lineal se divide en polarización horizontal (H ó X) y polarización vertical (V ó Y)

El método más común es el que divide los dos campos en dos planos, uno horizontal y el otro vertical.

Es la polaridad más usada en los transpondedores en banda Ku.

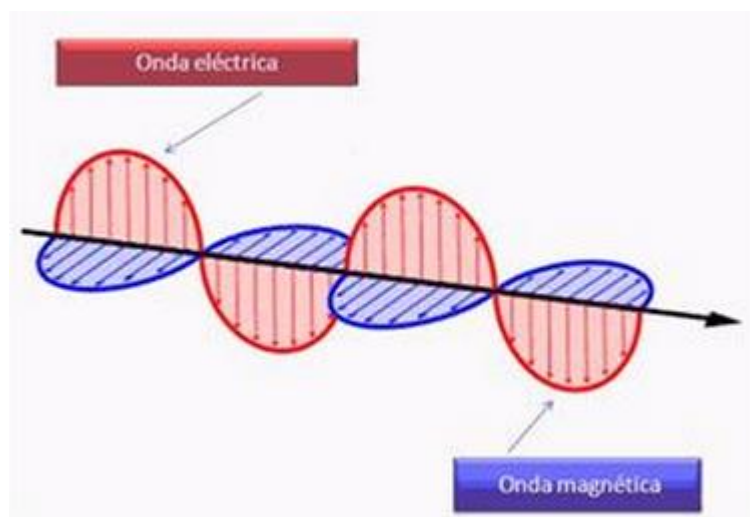


Fig.179 Polarizaciones

Las parejas de frecuencias de transmisión y recepción, TX y RX, en un transpondedor se configuran de tal manera que la polarización de subida al satélite desde tierra, sea la contraria a la de bajada del satélite a tierra.

Esto se debe a que es mucho más económico y sencillo la construcción de estaciones terrenas, que son la que unen tierra con satélites, que estén preparadas para transmitir y recibir en polarizaciones contrarias.

8.2 POLARIZACION CIRCULAR

Además de la polaridad lineal, nos encontramos con la polaridad circular que se usa habitualmente en transmisiones satelitales en banda C, y a veces, en banda Ka.

En este caso, el campo de circulación de las ondas tiene forma cilíndrica y la discriminación entre las dos polaridades, como ocurría en la polarización lineal con la horizontal y la vertical, la ofrece a el sentido de giro del campo. Si éste gira en el sentido contrario a las agujas del reloj, hacia la izquierda, se denomina LHCP , left Hand Circular Polarization, y si lo hace hacia el sentido de la agujas del reloj, hacia la derecha, se tratará de polaridad RHCP, Right Hand Circular Polarization.

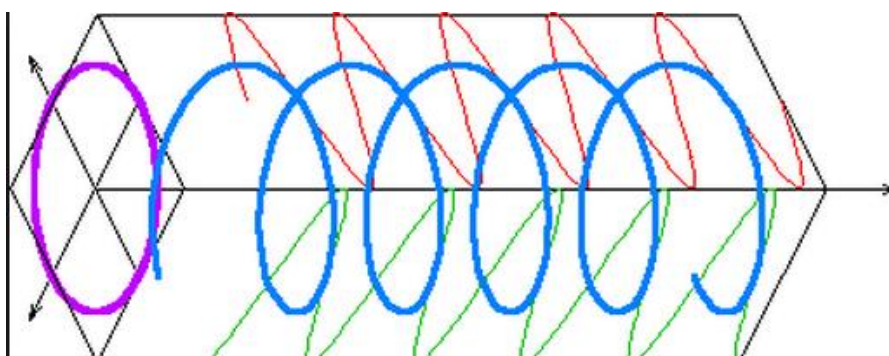


Fig.180 Polarización circular

Este sistema tiene una inmunidad eficiente ante los fenómenos meteorológicos en los que esté presente la molécula de agua, y sin duda laguna, mucha más inmune a este problema que la polaridad lineal. Por esta razón, la polaridad circular se asocia a la banda C que es la que habitualmente trabaja en zonas tropicales, o a la banda Ka, que también es muy débil frente a lluvias, niebla o nevadas.

Sin embargo, aunque es poco común, existen transpondedores en Ku con polaridad circular y en banda C con polaridad lineal.

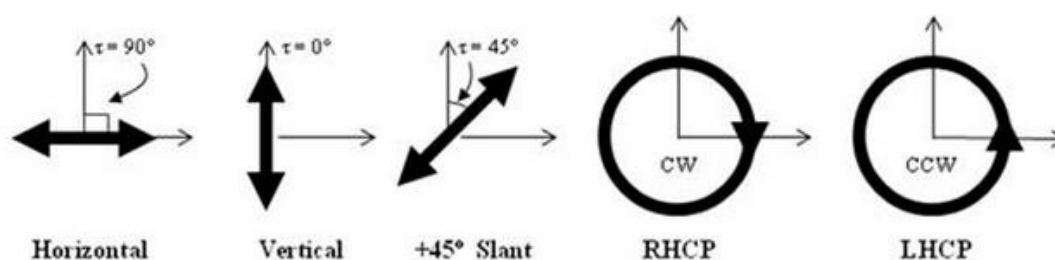


Fig 181. Polarización horizontal, vertical y circular

Para que la discriminación por polaridad funcione correctamente, es esencial que las estaciones transmisoras desde tierra ajusten correctamente su eje de polaridad, ya que de no hacerlo, solo una parte de la energía transmitida se recibe por la polaridad correcta en el satélite, recibiendo el resto de la energía la polaridad contraria, apareciendo el efecto de polaridad cruzada o cross-pol.

VENESAT-1



Fig. 182. Satélite de comunicaciones híbrido en Ku y C

9. COBERTURA HISPASAT 1 D

Un ejemplo para situar lo analizado hasta el momento, la cobertura de un satélite español, Hispasat 1D

Continente americano

28 canales en banda Ku activos simultáneamente con anchos de banda en 33 MHz, 36, MHz, 46 MHz, 50 MHz, 54 MHz y 72 MHz en América del Norte, Centroamérica y Sudamérica

América Rx/Tx

Hasta 15 canales (Rx) en la banda de frecuencias 13,75-14,5 GHz, con G/T mayor de 1 dB/K sobre HA

5 canales de bajada en la banda 11.7-12.2 GHz con PIRE mayor de 47 dBW sobre HA.

Europa

Iberia/Europa RX

Hasta 24 canales de subida en la banda de frecuencias 13.75-14.5 GHz con G/T mayor de 8 dBK sobre la cobertura.

Hasta 5 canales en el rango 17.3 GHz (BSS) con G/T superior a 9 dB/K sobre Madrid y Barcelona

Iberia Europa TX

De 16 a 23 canales en las frecuencias 11.45-12.75 GHz con EIRP mayor a 53.5 dBW sobre IA



Fig. 183. Huella Hispasat 1D

Las áreas de cobertura se representan por líneas que delimitan zonas de mayor o menor potencia de recepción(PIRE) y de transmisión desde la Tierra (G/T)

PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) se mide en decibelios de potencia., Dbw

G/T (Antenna gain-to-noise temperature) G la ganancia de la antena se mide en decibelios dB y T es el equivalente a la temperatura de ruido del sistema de recepción medido en grados Kelvin (K). Por esta la nomenclatura específica dB/K

10. ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR SATÉLITE

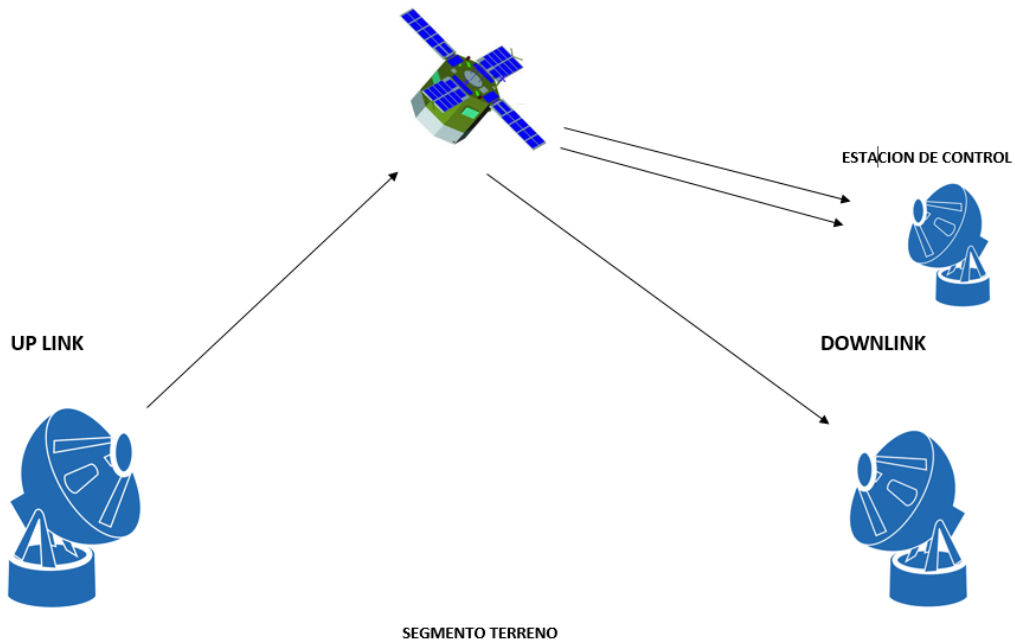


Fig. 184 Arquitectura enlace satelital

Como vemos en el esquema nos encontramos con varios actores en escena. Por un lado las estaciones en tierra, llamadas estaciones terrenas. Una de ellas, está subiendo la señal a satélite en un enlace ascendente conocido como up link, mientras la otra está bajando la señal de satélite mediante un enlace descendente, denominado downlink.

Por otro lado, la Estación de Control realiza las funciones de

- Telemetría, controlando los parámetros de posición del satélite
- Telecomando, comando en remoto los dispositivos del satélite
- Seguimiento, realizando un control sobre los movimientos del satélite si los hubiese.

El satélite está compuesto por

- La plataforma, que consta de la estructura, el subsistema de alimentación eléctrica, subsistema de control de actitud del satélite, el subsistema de propulsión, subsistema de control térmico, subsistema de telemetría y el de telecomando y seguimiento.
- La carga útil de comunicaciones, cuya función principal es recoger las señales en forma de ondas electromagnéticas que llegan desde la

estación terrena, amplificar la portadora de radiofrecuencia, convertir la señal a la frecuencia de bajada y transmitir dicha señal a la zona de cobertura correspondiente. A bordo, se encuentran antenas, repetidores, sistemas de conmutación de señales y estaciones receptoras.

Las antenas se clasifican según su cobertura en

- a. Globales. Estas cubren una gran superficie de la Tierra, pero tienen un PIRE débil
- b. Zonales
- c. Spot Beam, que son puntos de superficie muy concretos pero con un PIRE muy alto

Los repetidores se dividen en transpondedores, siendo posible amplificar cada uno de ellos de manera independiente

Los sistema de conmutación de señales, permiten el enrutamiento de señales hacia lugares no previstos en la orden de operación.

11. CADENA DE TRANSMISION Y RECEPCIÓN

Comencemos por la cadena de transmisión TX al satélite

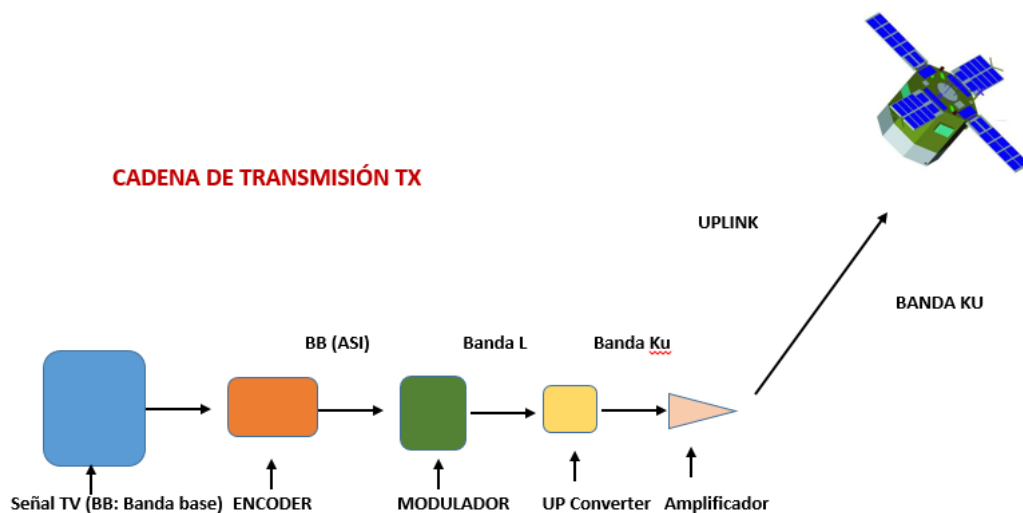
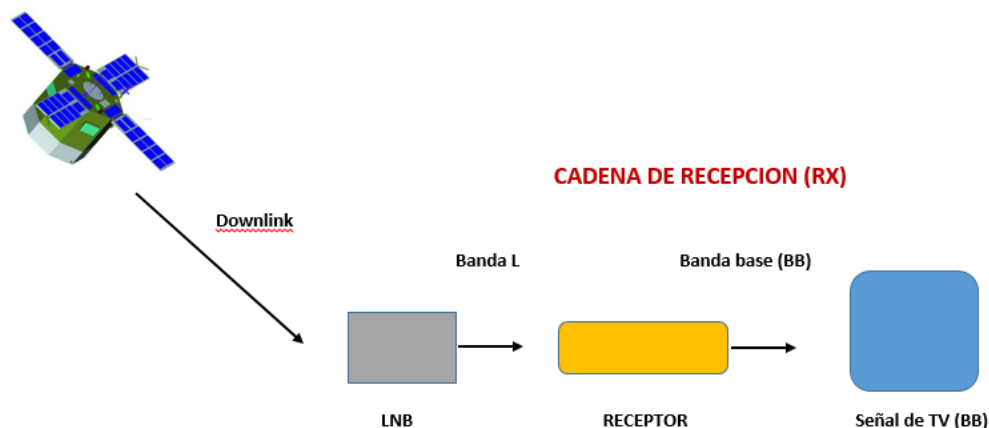


Fig. 185 Cadena de transmisión en satélites en Banda Ku

Vemos en la figura que la señal que vamos a transmitir, la señal de televisión, está en banda base (BB). A continuación esta señal pasa por un codificador o encoder, posteriormente se modula, luego se coloca la frecuencia de satélite mediante un equipo denominado Up Converter, para finalmente amplificar la señal antes de pasarla a la antena para su transmisión definitiva. En el ejemplo, se trabaja en banda Ku.

En el proceso de bajada de satélite, en la cadena de recepción RX, intervienen los siguientes equipos



Fig, 186 Cadena de recepción en satélites Ku

El dispositivo denominado LNB que hace funciones de downconverter para convertir la señal en an bandaa Ku o banda C a banda L o banda intermedia.

El receptor digital de satélite tiene dos funciones fundamentales. Por un lado demodular la señal en banda L, entregando a la salida la información codificad en digital en MPEG 2 ó MPEG 4

Decodificar la señal en MPEG 2 ó en MPEG 4 pasándola a video + audios analógicos o pasándola a video digital SDI. En este caso los audios pueden obtenerse embebidos en la señal de video o entregarse en formato analógico.

11.1 CADENA DE TRANSMISIÓN TX

11.1.1 Proceso de codificación

El codificador es un equipo que transforma la señal de televisión que se le entrega a la entrada en una señal digital en MPEG2 ó MPEG 4. La entrada del codificador puede ser:

- Video + audios analógicos
- Video digital (SDI) + audios analógicos
- Video SDI con audio embebido

El encoder tiene varias salidas iguales. A la señal de salida se la denomina salida en ASI ó Transport Stream. ASI es el acrónimo de Asynchronous Serial Interface)

Es posible que algunos Encoder entreguen la señal a la salida encapsulada en IP.

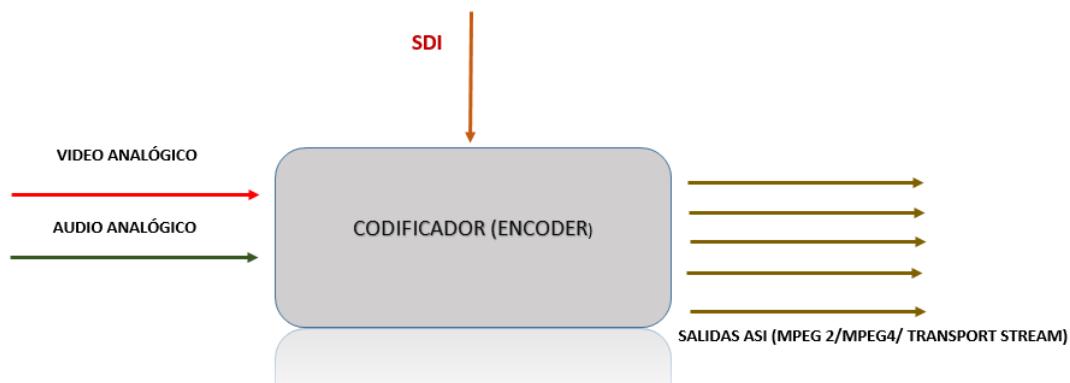


Fig.187 Salida del Encoder en modo Transport Stream (ASI)

Veamos cuales son los algoritmos usados en la codificación de video

- MPEG 2 que incluye soporte para video entrelazado. Ofrece una buena calidad en bitrates de 2 ó 3 Mbps. Introduce y define flujos de transporte, los cuales han sido diseñados para transportar video y audio digital a través de canales de comunicación impredecibles e inestables, que son utilizados en transmisiones televisivas. Cada componente codificado, como el video, el audio, la metadata, y otros, se identifican con un PID (Packet Identification)
- MPEG 4 Este sistema de codificación tiene varios algoritmos, uno de ellos, el más utilizado en la industria audiovisual, es MPEG 4-H264 que es un estándar de compresión de video y audio mejorado. En la actualidad, es el estándar que mejor relación compresión-calidad ofrece en el mercado de telecomunicaciones de TV.

La norma DVB

Digital Video Broadcasting es un organismo encargado de proponer las normas de estandarización para la televisión digital compatible, lo que quiere decir que añade tablas (PSI) y otra información valiosa a la hora de transmitir señales broadcast.

En satélites, la norma de DVB, es la DVB-S y DVB-S2.

PSI (Program Service Information)

El decodificador que se encuentra en la cadena de transmisión MPEG 2 además de decodificar el flujo de datos que le llegan y que en realidad son el programa transmitido desde tierra, ha de ser capaz de localizarlos dentro de la trama Transport Stream. PSI es el conjunto de tablas DVB que hace posible esta función.

11.1.2. Parámetros básicos de configuración de un codificador.

El video se codifica con los estándares MPEG 2 ó MPEG 4. El video Rate, que es el bitrate con el que se codifica la trama de video hay que seleccionarlo en cada operación. Normalmente esté en el entorno de los Mbps.

El PID, que es el número que identifica la trama de video dentro del Transport Stream.

El PID de PCR, que es un reloj que el codificador incluye en el Transport Stream para sincronizar los distintos componentes como video, audio, metadata, etc.

Resolución del video en número de píxeles verticales y horizontales.

Relación de aspecto, que hoy en día es mayoritariamente 16/9

El audio se codifica con estándares de codificación MPEG1 y MPEG 2. El audio rate es el bitrate con el que se codifica la trama de audio, que suele estar en el entorno de los Kbps. El PID de audio es el número que identificará la trama de audio en el Transport Stream.

11.1.3 Salida del codificador

A la salida del codificador, hay un bitrate o flujo de datos al que se le conoce como Mux Rate. Debe de contener la suma de los componentes elementales que viajan en el Transport Stream, como video, audio y metadata.

Es un parámetro importante, porque representa el flujo de datos que va a llegar al modulador, siguiente etapa del proceso, por lo que la operación de salida del Encoder repercutirá positivamente o no en el proceso de modulación en función de que las operaciones en el encoder hayan sido las apropiadas.

Por otro lado, se entrega un ID del servicio (SID) que es un número que identifica el servicio dentro de un multiplex. Es imprescindible definirlo aunque solo exista un servicio dentro del Transport Stream.

Por último, el nombre del servicio (o transmisión) que facilita la operación de control. Este parámetro viaja en la tabla SDT, que es tabla de descripción del servicio y que lista los parámetros asociados con cada servicio de una trama multiplexada.

11.1.4 Modulador

El modulador procesa la información de la señal de entrada, que es el Transport Stream, de que tal manera que a su salida se obtiene una señal que conteniendo la misma información tiene una frecuencia más alta.

En realidad el proceso de modulación consiste en asociar o incluir la información a transmitir sobre una portadora que está oscilando a una frecuencia determinada.

A la salida del modulador la señal está en una frecuencia más alta que a la entrada como se ha apuntado, concretamente en la banda intermedia L, que oscila entre los 950 y 2.150 MHz, aunque es posible en algún caso entregar la señal de salida en la banda de los 70 MHz.

Existen varios estándares de modulación, pero los más utilizados en la operación de transmisión satelital son QPSK y 8PSK, ambos modulando en fase.



Fig. 188 Salida de señal de modulador en Frecuencia Intermedia

Las señales electromagnéticas se pueden representar como una relación del potencial eléctrico a lo largo del tiempo, pero también puede representarse en relación a la frecuencia, que es la forma que suele utilizarse en operaciones con satélites.

La forma de una señal a la salida de un modulador tiene forma de trapecio. La frecuencia central de la portadora modulada coincidirá con la frecuencia de la portadora pura sobre la que se está insertando la información de entrada del modulador.

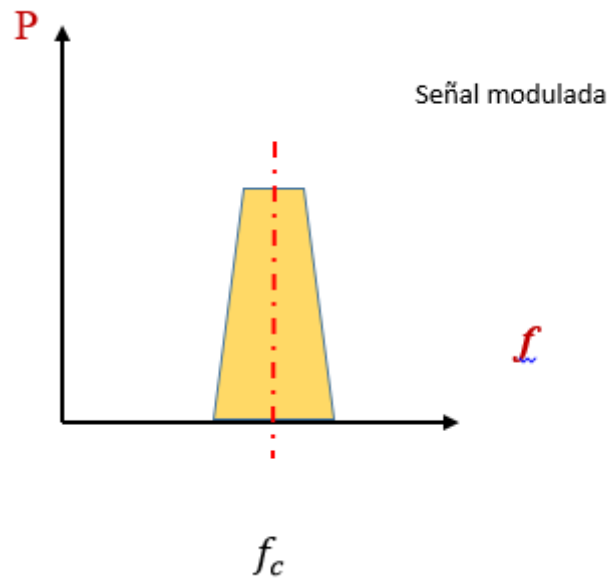


Fig.189 Forma de la señal a la salida del modulador

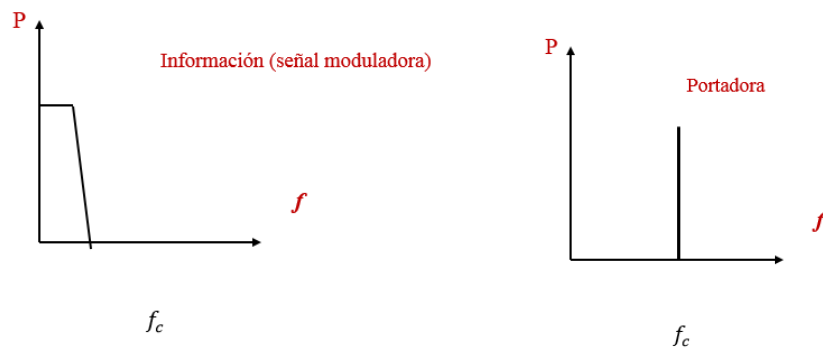


Fig. 190 Frecuencias de señal moduladora y portadora

Los parámetros básicos que se pueden configurar en un modulador son los siguientes:

- Frecuencia de la portadora
- Symbol rate
- FEC

Estudiémosles por separado.

11.1.4.1 Frecuencia de la portadora

La configuración de esta frecuencia deberá estar dentro de la banda de Frecuencia Intermedia que la habitualmente trabaje el modulador, que suele ser Banda L o Banda de 70 MHz.

Por regla general, la información que tenga el operador de la estación terrena será la pareja de frecuencias TX/RX en la banda de satélite, C, Ku o Ka.

El modulador hace la resta entre el valor de frecuencia de satélite introducido por el operador y el valor del Oscilador Local del Up Converter, U/C, para dejar su salida la portadora de frecuencia Intermedia.

11.1.4.2. Symbol Rate

El symbol Rate (SR) o velocidad de símbolo es un parámetro de la modulación que indica la velocidad en Msymbols/segundo o Mbaudios a la que se pueden procesar los datos de entrada.

El ancho de banda (BW, bandwidth) de una señal es la porción del espectro que ocupa dicha señal, medido en MHz. En el caso de operación satelital, es la porción de espectro que se ocupa en el satélite.

El Symbol Rate y el ancho de banda de una señal son dos magnitudes relacionadas entre sí de manera indisoluble, sin verse variadas por la influencia del FEC, el estándar DVB-S ó DVB-S2 o la técnica de modulación empleada, como por ejemplo, QPSK u 8PSK, que se esté utilizando.

Algunos anchos de banda ocupados en función del Symbol Rate seleccionado, en transmisiones vía satélite, son

| ANCHO DE BANDA | SYMBOL RATE |
|----------------|--|
| 6 MHz | 4.500 Msym/s |
| 9 MHz | 5.632/5.700/6.1113/6.6620/6.666 Msym/s |
| 18 MHz | 13.333/13.500/13.600 Msym/s |
| 27 MHz | 20.150 Msym/s |
| 36 MHz | 27.500ym/s |

11.1.4.3 Relación entre Symbol Rate, Ancho de banda y Bitrate

A mayor Symbol Rate como hemos apuntado, mayor ancho de banda de la portadora generada. La relación es directa. Por tanto, cuanto menor sea el Symbol Rate menos ancho de banda ocuparemos, lo que parece económicamente atractivo, pero poco eficiente a nivel práctico.

El Symbol Rate al que se modula una señal debe ser capaz de absorber el flujo en Mbps de información que sale del Encoder, y al que se denomina bitrate.

Por tanto, en realidad, el bitrate es la cantidad de información que se transmite y que en comunicaciones vía satélite suele estar en el entorno de los Mbps.

Una imagen en movimiento, como veremos más adelante, puede estar codificada en distintos niveles de calidad, consiguiendo con ello más o menos bitrate. Si éste es bajo, la codificación de la señal origen ha sido pobre, y el resultado es una imagen con poca definición y pixelado cuando hay movimientos dentro del cuadro, o la cámara se mueve.

Por tanto, lo aconsejable es usar la máxima calidad disponible, alcanzando con ellos un alto bitrate, a partir del ancho de banda, y con él del Symbol Rate del que se disponga.

El modulador suele ofrecer datos sobre el bitrate de entrada que es capaz de asumir, una vez que se configura el valor del Symbol Rate, y nunca debe de superarse ese valor de bitrate de información a la salida del Encoder.

Por otro lado, el bitrate no solo incluye la información de la imagen codificada, sino que suma otros flujos de información digital, como el FEC, que es un método de corrección de errores.

11.1.4.4 FEC

FEC (Forward Error Correction) es un mecanismo de corrección de errores que se usa para garantizar la calidad de la transmisión en caso de pérdida de datos.

Como la transmisión vía satélite cuenta con un alto bitrate, como vimos anteriormente, es necesario utilizar métodos como el FEC para corregir los errores que se produzcan en la cadena TX.

Este parámetro, al igual que el Symbol Rate, se configura en la etapa de modulación, debiendo configurar el FEC en la recepción de la señal con los mismos elementos que en la transmisión. FEC introduce un bit de corrección por cada cierto número de bits de información.

Al no poder introducir en la transmisión señales de retorno, no podemos conocer si la comunicación ha sido buena.

Por ejemplo, si empleamos un FEC $\frac{3}{4}$, estamos diciendo que de cada 4 bits 3 de ellos son útiles y 1 se añade para corrección de errores.

Los valores normalizados de FEC en la industria satelital suelen ser $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{6}{7}$ y $\frac{7}{8}$. Un FEC de $\frac{1}{2}$ ofrece una transmisión muy eficiente, pero sin embargo se utiliza mucho ancho de banda para enviar protección, en concreto un 50%, con lo que la información útil es también del 50%.

En el lado opuesto, un FEC $\frac{7}{8}$ usa mucho ancho de banda para la información útil y muy poco para la corrección de errores, con lo que la transmisión está poco protegida y es vulnerable.

La aplicación del FEC, por consiguiente, es un compromiso entre calidad y eficiencia de enlace.

Un método muy efectivo de controlar errores, es entrelazar las informaciones a enviar, de tal forma que si produce un error en un determinado momento, éste se reparta a lo largo de una serie de PES (tren de paquetes, que veremos más adelante), ya que cada uno de ellos tiene a su vez sistema de corrección de errores con el resultado óptimo de recuperación de la información original.

Otro método es conocido como Reed Solomon, y consiste en añadir a cada paquete una serie de bits generados a partir de la información, que son capaces de detectar y corregir algún byte erróneo.

11.1.5 UP-CONVERTER (U/C)

El Up-Converter es un dispositivo cuya principal función es pasar su señal de entrada, que estará en la banda de Frecuencia Intermedia, a una señal en Frecuencia de Satélite.

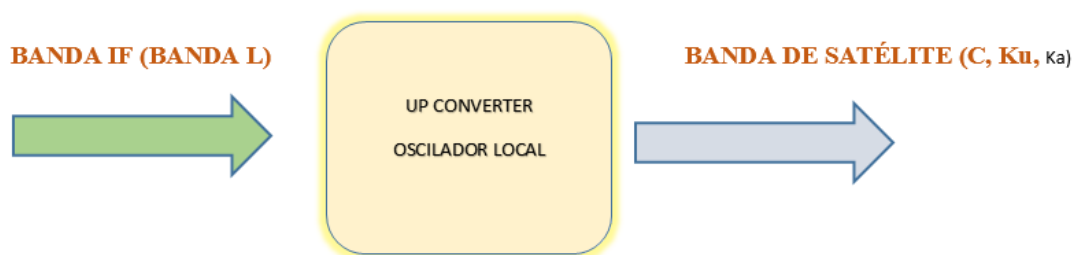


Fig.191 Paso de la señal por dispositivo Up Converter

El valor del Oscilador Local (O.L.) del Up-Converter debe de ser un parámetro conocido antes de la transmisión, ya que será éste el valor que se introducirá a la entrada del U/C.

Para U/C en banda Ku, el O.L. puede tener un valor de 12.800 MHz, por ejemplo. Estos valores, determinan las bandas de frecuencia de satélite que vimos al principio del capítulo.

El UP-Converter se rige bajo la siguiente ecuación

$$\text{Frecuencia}(FI) + \text{Frecuencia O.L.} = \text{Frecuencia Satélite}$$

11.1.6. Parámetros de modulación. Ecuaciones.

Los cálculos para las diferentes configuraciones de los equipos digitales bajo la norma MPEG/DVB son los siguientes, teniendo en cuenta que:

- a. La compresión de video es de 1,5 a 15 Mbps
- b. La compresión de audio está en torno a 48, 64, 96 ó 126 Kbps
- c. La modulación suele ser QPSK
- d. El FEC es $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{7}{8}$, etc
- e. Reed Solomon se sitúa en un valor de 188/204
- f. Ancho de banda ocupado es $BW = 1,35 \times SR$
- g. Symbol Rate (SR) $SR = bitrate \times 1/2 \times \frac{1}{FEC}$
- h. Bitrate (Vb) $Vb = Data Rate \times \frac{204}{188}$

El bitrate es toda la información que lleva la trama digital, el Transport Stream (TS) del video, audios, tablas de información, PIDs', etcétera.

Pongamos un ejemplo de configuración para una transmisión vía satélite.

$$SR = 5.450 \frac{Msym}{s}$$

$$FEC = \frac{7}{8}$$

$$ANCHO DE BANDA (BW) = 5.450 \times 1,35 = 7,35 Mhz$$

$$Vb = SR \times 2 \times FEC = 9,53 Mbps$$

$$DATA RATE = Vb \times \frac{188}{204} = 8,789 Mbps$$

$$VIDEO RATE = DATA RATE - AUDIO - TABLAS = 8,533 Mbps$$

$$AUDIO RATE = 196 Kbps$$

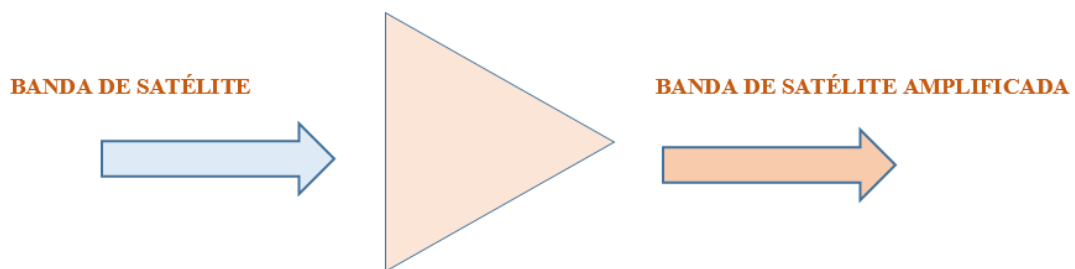
$$DATOS + TABLAS = 60 Kbps$$

11.1.7 Amplificador

La amplificación de la señal es la última etapa de la cadena de TX.

El objetivo es extraer la misma señal ya construida, es decir, codificada y modulada y convertida a frecuencia de satélite, para proporcionarle la potencia adecuada para poder ser transmitida al satélite.

La etapa de amplificación se suele representar mediante un triángulo



192. Proceso de amplificación de la señal

11.1.8 Tipos de cadenas de transmisión

Hemos estudiado una cadena de transmisión básica, pero existen otras configuraciones más complejas y eficientes que se usan habitualmente en la transmisión satelital.

Repasemos en primer lugar la cadena básica que hemos visto, para familiarizarnos con los respectivos iconos

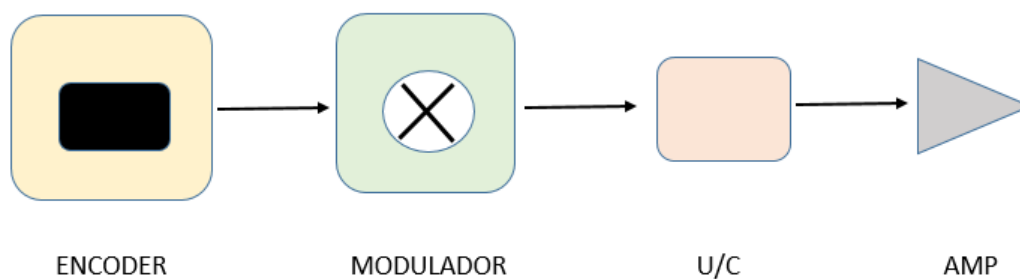
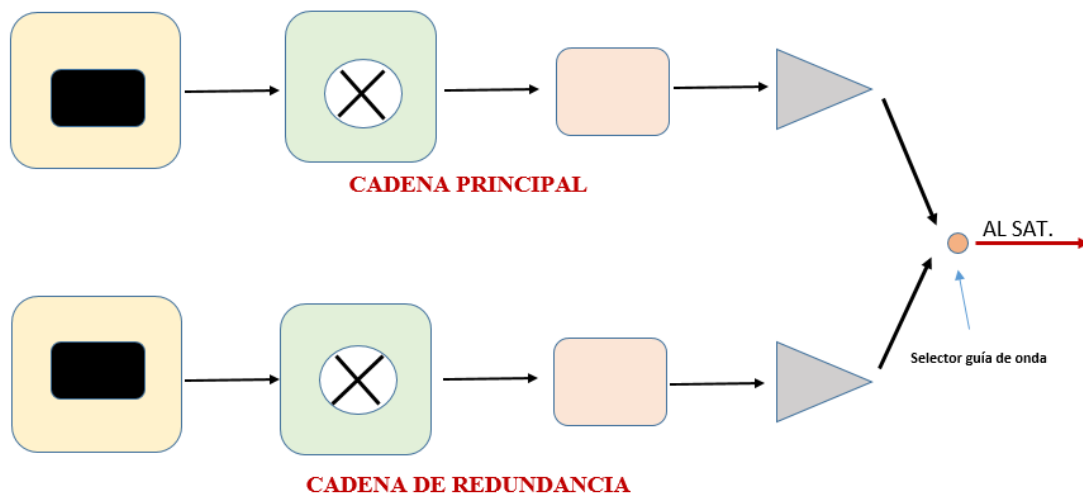


Fig.193. Cadena de transmisión

11.1.8.1. Cadena de transmisión TX con redundancia (1+1)

En este caso, se cuenta con una segunda cadena TX de redundancia o back up (1+1) con todos los elementos y dispositivos que hay en la cadena principal.

Después de los amplificadores se puede cambiar de cadena mediante un selector de guía de onda.



193. Cadena de transmisión redundada

11.1.8.2 Cadena de transmisión con Multiplexor

En este caso, se dispone de un multiplexor (MUX) con el cual se consigue a la salida un flujo de MPEG que contiene todos los flujos entregados por cada encoder a la entrada del MUX.

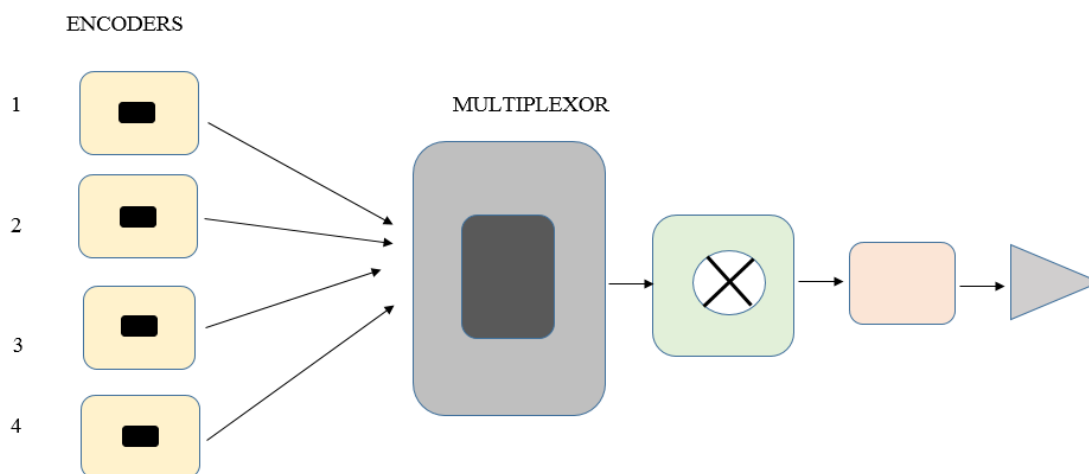


Fig. 194. Cadena de transmisión con multiplexor

El bitrate de salida del multiplexor es por consiguiente la suma de los bitrate de entrada.

Respecto a la portadora modulada resultante y lista para la transmisión podemos distinguir:

- SCPC: Single Channel Per Carrier. Un solo servicio en la portadora
- MCPC: Multiple Channel Per Carrier. Varios servicios en la portadora.

Mediante el uso de un multiplexor podemos generar varios MCPCs´.

11.1.8.3 Cadena de TX con Remux

En este tipo de cadena de TX, disponemos de un Encoder con la característica Remux, lo que significa que dispone de una entrada de TS (Transport Stream) (ASI) preparada para recibir el flujo generado por otro Encoder.

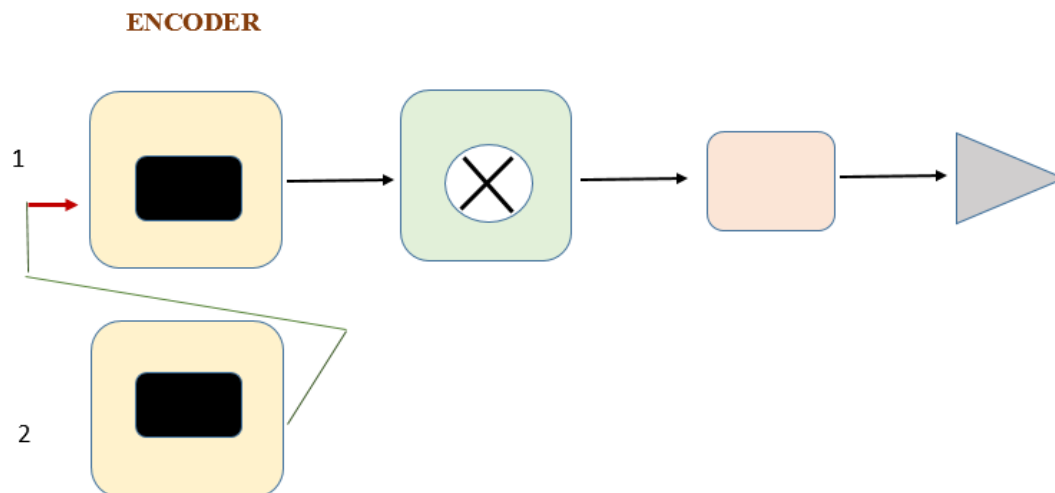


Fig. 195. Cadena de transmisión con Remux

En el interior del Encoder Remux, se produce una multiplexación de ambos flujos, resultando la portadora modulada en una MCPC (una sola portadora)

11.1.8.4 Cadena de transmisión TX con suma en Frecuencia Intermedia

La suma de Frecuencia Intermedia se puede realizar tanto en la banda de los 70 MHz como en la Banda L y en este segundo caso se denomina Suma en Banda L.

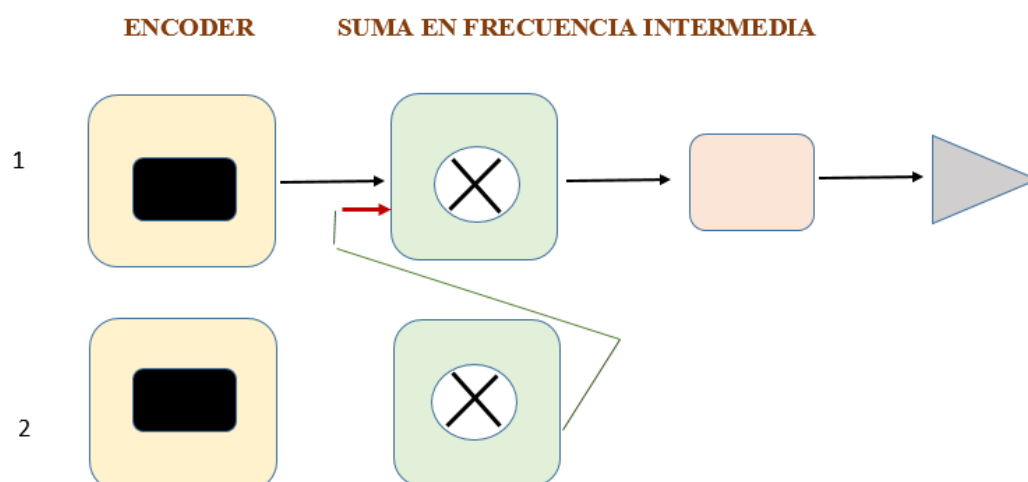


Fig. 196 Cadena de transmisión con suma en FI

En este tipo de cadena de transmisión, dispondremos de un modulador que tenga capacidad para admitir Banda L a su entrada, de forma que la salida nos encontremos con dos señales moduladas, la particular de su propia cadena de transmisión y la generada por el segundo modulador.

Por tanto, se generan dos portadoras moduladas que comparten el único amplificador de la cadena.

11.1.8.5 12 Cadena de transmisión TX con suma en Banda de Satélite

En este caso, se realiza la suma de frecuencias dentro de la Banda de Satélite, mediante la utilización de una T coaxial a la salida del Up Converter. Se obtienen dos portadoras sumadas.

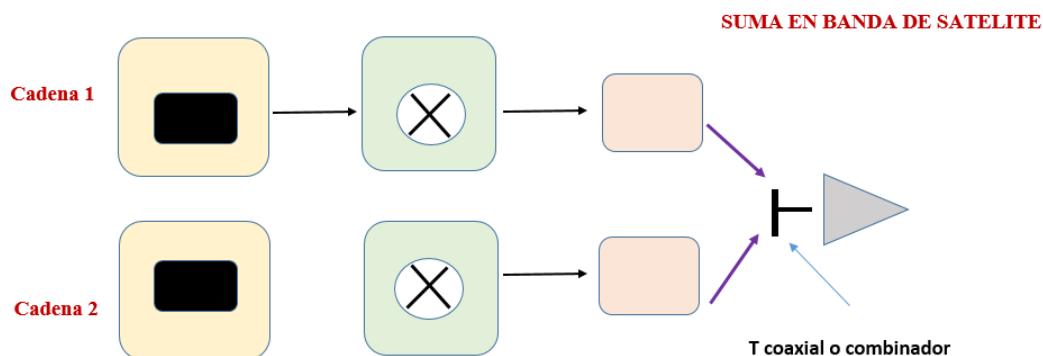


Fig197. Cadena de transmisión con suma en Banda de Satélite

Existe un importante inconveniente, que va en contra de la filosofía de trabajar con frecuencias en bandas intermedias o en la banda de los 70 MHz, y es que se está manipulando señales en alta frecuencia antes de pasarlas por el amplificador.

12. TRANSMISION DIGITAL

El tren de datos MPEG 2 está principalmente destinado al transporte de programas de televisión a larga distancia sobre canales o medios susceptibles de introducir una serie de errores en la transmisión.

La longitud de los paquetes de información debe de ser relativamente corta para poder añadir factores y parámetros de corrección.

Los PES (Packetized Elementary Streams) son las unidades mínimas de información que son transportadas por los Transport Stream (TS). Estos

paquetes tienen diferentes cometidos en relación con el contenido que transportan.

La mayor parte de los PES son de transporte de información, correspondiente al video digital, pero también pueden ser de audio, datos, de posición dentro de una secuencia, información sobre acceso condicional y otros.

La longitud de los paquetes de transporte MPEG 2 ha sido fijada en 188 bytes, según la normativa europea DVB. Los diferentes PES que forman un paquete dado deben de compartir el mismo reloj para poder ser decodificados satisfactoriamente por el descodificador.

Debido a la longitud más pequeña de los paquetes de transporte con respecto a la de los paquetes PES (2048 bytes por ejemplo) éstos últimos deberán de ser divididos en otros de 184 bytes.

Un paquete de transportes TS de 188 bytes se compone de una cabecera de paquete llamada Packet Header, compuesta por 4 bytes, y de una carga útil llamada Payload de 184 bytes, que eventualmente puede ser precedida un campo de adaptación si hay bytes para ello.

La carga útil está formada por paquetes PES que componen un tren de datos y cuyo contenido son los programas de televisión a transmitir por el canal, así como una serie de datos auxiliares que permiten al descodificador no perderse en el tren de datos que recibe.

Cada programa tiene que estar identificado mediante un Identificador de Programa PID. Estos identificadores son los que permiten diferenciar unos de otros dentro de una corriente de información de un TS, o en una señal multiplexada.

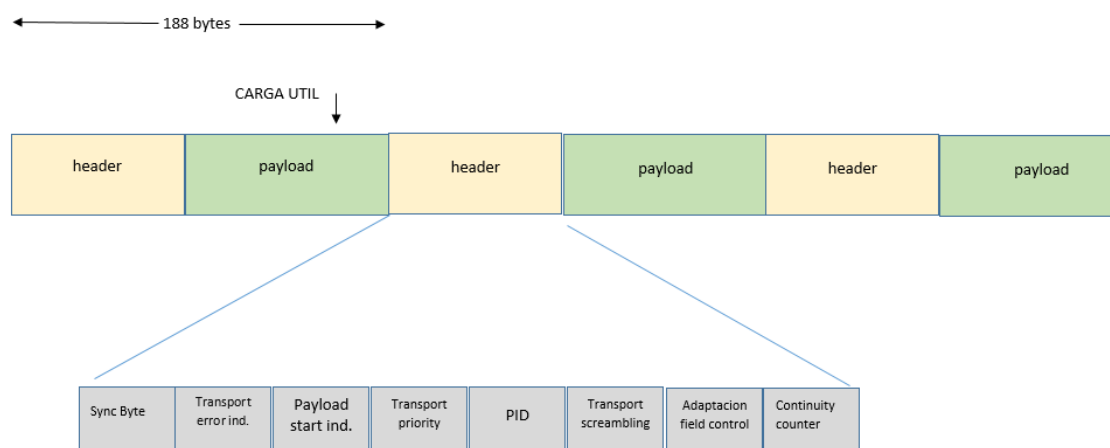


Fig.198 Payload y Header

12.1 Cabecera del PES: Header.

Está compuesta como vemos en la figura anterior por los siguientes elementos:

1. Byte de sincronismo, que identifica el comienzo de cada paquete y la sincronización de la trama.
2. *Transport error indicator*: Indica la presencia de algún bit erróneo de carga útil del paquete, avisando al codificador de este hecho
3. *Transport priority*: Indica prioridad de la carga útil de este paquete frente a otros del tren.
4. *PID (Packet Identifier Data)*: Son 13 bits que identifican el contenido de la carga útil del paquete. Permiten la localización dentro de la trama de los paquetes que corresponden a cada canal de video, audio o datos. Existen 8.196, que es 2 elevado a 13, posibles valores de PID.
5. *Transport scrambling control*: Indica si el contenido de la carga útil del paquete tiene acceso restringido mediante encriptación. El contenido de la cabecera del paquete va libre de encriptación en cualquier caso. El código BIS es en este momento el estándar de encriptado.
6. *Continuity counter*: Son 4 bits que actúan de contador (1 a 16) para los paquetes con cada valor de PID. Es decir, el valor de este contador se incrementa en una unidad en el paquete actual con respecto al valor en el paquete anterior con el mismo PID

Contenido de la carga útil, Payload.

La carga útil está compuesta por una serie de paquetes.

1. Tablas PSI/SI Son tablas que contienen información específica del contenido de la trama de transporte, programación, red de transporte, etc. y que son utilizadas por el decodificador digital para entender y organizar de forma automática toda la información que recibe. Existen valores de PIDs reservador para los paquetes que contienen estas tablas.
2. PCR (Program Clock Reference) Se trata de referencias temporales de reloj, que se transmiten de forma contante y periódica por cada uno de los programas contenidos en la trama de transporte y que posibilitan de manera eficiente y exacta la sincronización de los relojes (OL de 27 Hz) asociados al multiplexor de transmisión y demultiplexor en la recepción. Cada información de PCR ocupa 42 bits dentro de los paquetes destinados específicamente a la tarea de sincronización.
3. PTS/DTS (Presentation/Decodificación Time Stamps) Son referencias temporales que indican al decodificador digital cuando tiene que presentar/decodificar cada una de las imágenes que recibe para que la presentación en pantalla sea sincronizada, tanto en video como en audio. Si este parámetro está mal configurado se produce retardo.

4. Stuffing bytes. Son bytes de relleno que ponen el valor 1 en cada uno de los 184 bytes de carga útil del paquete. El PID reservado a los paquetes de stuffing es de 8.195. La misión de los paquetes de relleno es que el bitrate de salida sea siempre el especificado para la trama de transporte, cuando el contenido real útil de la trama no llegue a ese valor.

12.2 Tablas PSI/SI

Las tablas PSI (Program Specific Information) contienen información específica de los programas en la trama de transporte.

La transmisión de estas tablas es obligatoria en el sistema definido por el DVB.

Su contenido permite la sintonización y decodificación automática de los IRDs de usuario.

Existen valores específicos de PID reservados para cada una de las tablas PSI

1. PAT (Program Association Table) Describe el contenido de la transport stream y asocia a cada uno de los programas de la trama con el PID de la PMT que le corresponde. Existe una tabla PAT asociada a cada transport stream.
2. PMT (Program Map Table) Describe el contenido de cada uno de los programas de la transport stream y asocia a cada componente su valor de PID. Existe una tabla PMT asociada a cada programa.
3. CAT (Conditional Access Table) Lleva información relacionada con la organización física de todas las transport streams incluidas en la red de emisión y las características de la propia red.

Las tablas SI (Service Information)

La transmisión de estas tablas no es obligatoria en el sistema definido por el DVB. Su contenido ayuda al IRD de usuario a componer la guía electrónica de programas (EPG) Son 7, a saber : BAT, SDT, EIT, TDT, RST, ST y TOT

13. CODIFICACION DE CANAL

Una vez realizadas las operaciones de codificación de la fuente, nos encontramos con un tren de transporte que tenemos que transmitir vía radiofrecuencia. Los canales no están libres de errores, entre ellos lo que se generan por los equipos transmisores, por lo que para que obtener un rendimiento satisfactorio (VER) hay que insertar una redundancia calculada en la señal, que llamamos FEC como sabemos.

Además hay que tener en cuenta que el FEC en realidad es la combinación de los siguientes parámetros:

+ Dispersión de energía, ya que hay que conseguir un reparto uniforme de la energía en el canal de emisión. Se consigue mezclando los datos mediante una secuencia pseudo aleatoria.

+ Codificación externa Reed Salomon. Este código nos permite la corrección de los errores en ráfaga introducidos por el canal añadiendo 16 bits de paridad, repetidos, a los bytes de información.

+ Dispersión temporal de errores (Forney Convolutional Interleaving) Este entrelazado temporal de los bytes, modificando su orden, nos permite repartir en el tiempo los errores introducidos por el canal.

+ Codificación convolutiva (codificación interna) La gran redundancia introducida por este código, del 100%, permite una corrección de errores muy potente, aunque reduce a la mitad la eficiencia espectral del canal, al a mitad concretamente (1/2) También hay otros valores en los que se suprime algún bit de redundancia (2/3, 3/4, 5/6, 7/8)

14. TIPOS DE MODULACION DE SEÑALES DIGITALES

En primer lugar, definamos la Eficiencia espectral como la relación entre la velocidad de bit y el ancho de banda utilizado

$$Eficiencia\ espectral = Bitrate / BW \text{ (} \frac{bits/s}{Hz} \text{)}$$

Con el fin de aumentar la eficiencia espectral en el proceso de modulación se utilizan diversas técnicas de modulación en cuadratura, es decir un flujo importante de datos en un ancho de banda ajustado.

Los tipos de modulación digital más usados en transmisión vía satélite son:

- BPSK (Binary Phase Shift Keying) Los cambios en la polaridad de la señal binaria producen cambios de 180° en la fase de la portadora. La señal binaria se puede filtrar en banda base para eliminar las bandas laterales.

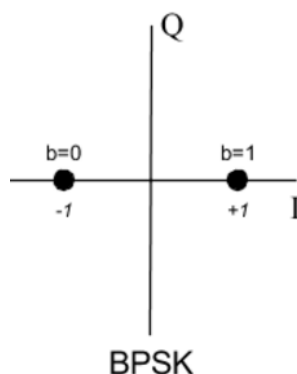


Fig.199 Constelación BPSK

- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) Los bits se agrupan de dos en dos. Como existen 4 estados posibles hay 4 símbolos a los que se asigna una fase determinada de la portadora. Por ejemplo, 45° , 135° , 225° y 315° . Este tipo de modulación tiene una mayor eficiencia espectral.

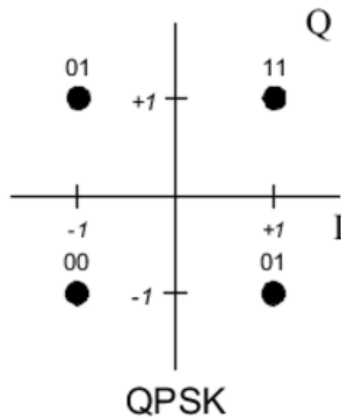


Fig.200 Constelación QPSK

- QAM, 16QAM y 8PSK Son modulaciones multinivel de orden superior a QPSK.

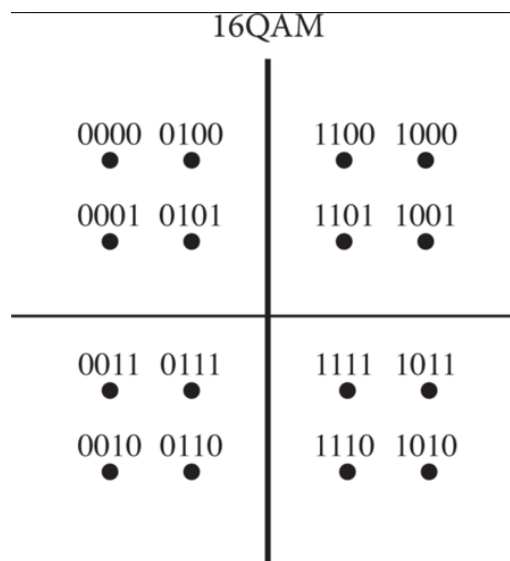


Fig.201 Constelación 16QAM

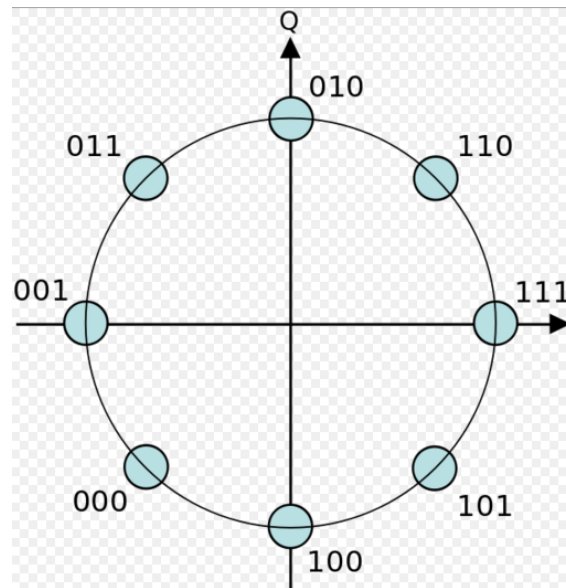


Fig. 202 Constelación 8PSK

15. CADENA DE RECEPCION

Recuperemos el esquema de recepción de señales de satélite

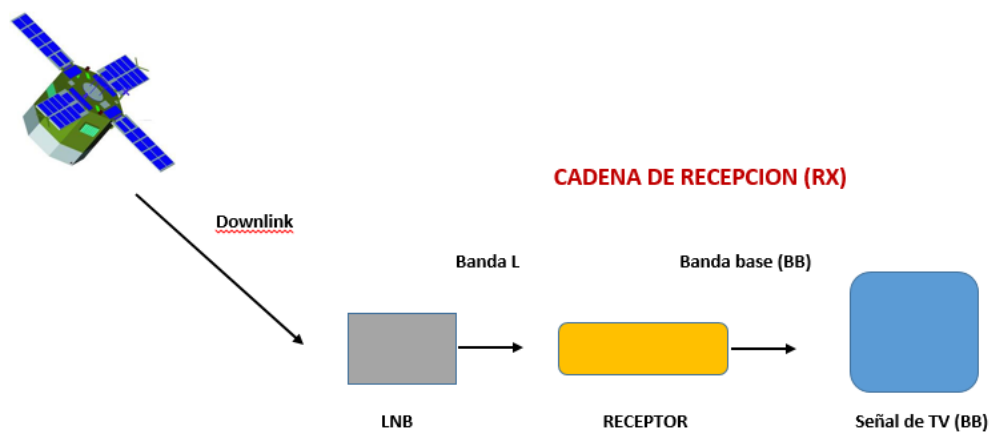


Fig. 203 Esquema de la cadena de recepción

Como sabemos la bajada del satélite, denominada universalmente downlink, viene en una frecuencia de satélite en banda C, Ku o Ka. Es decir, en el entorno de los GHz.

Los equipos que intervienen en la recepción RX, son los que vemos en la figura. Un LNB, un receptor y el monitorado final de la señal de TV.

Estudiemos cada uno de ellos.

15.1 LNB (Down Converter)

Un LNB es un dispositivo de la cadena de RX que se instala junto al plato de la antena, y cuyo objeto es convertir la frecuencia de satélite de bajada, en una frecuencia en banda L.

La siguiente figura da idea del proceso y del momento en el que los LNB entran en juego.

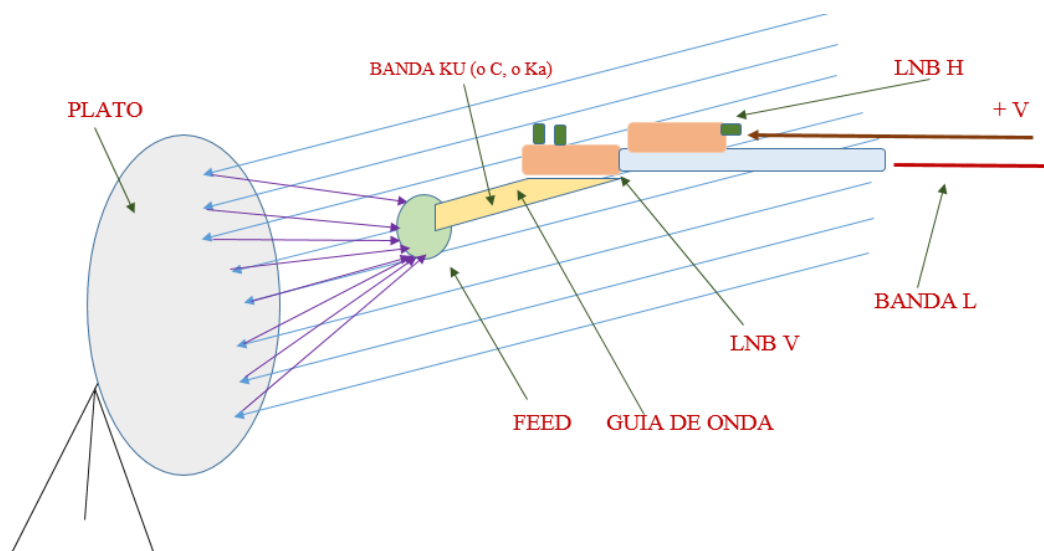


Fig.204. Ubicación de los LNB en la antena de recepción y workflow

La señal que proviene del satélite es recogida por el plato de la antena. El haz del satélite es concentrado en el feed, de manera que el nivel de recepción sea lo más alto posible.

A continuación el feed pasa la señal en Frecuencia de Satélite a los LNB, que pueden ser LNB H para señales con polaridad horizontal y LNB V para aquellas que bajan en polaridad vertical, a través de la guía onda. El LNB convierte la señal a Banda L. El valor está determinado por su Oscilador Local (O.L.)

Hay que tener en cuenta que el espectro de Rx de la banda Ku comprende un rango de frecuencias de 10.700 a 12.750 MHz. Como el ancho de esta ventana es de mayor rango que la Banda L, que se extiende desde los 950 a los 2.150 MHz, hay que dividir la Ku en dos sub-bandas, denominadas Banda Baja y Banda Alta, con los siguientes rangos

Banda Baja: 10.700-11.850 MHz

Banda Alta: 11.550-12.750 MHz.

Normalmente se usan LNBs duales que están compuestos de dos oscilador Locales distintos, uno para trasladar la Banda Baja a Banda L y otro para hacer lo propio con la Banda Alta.

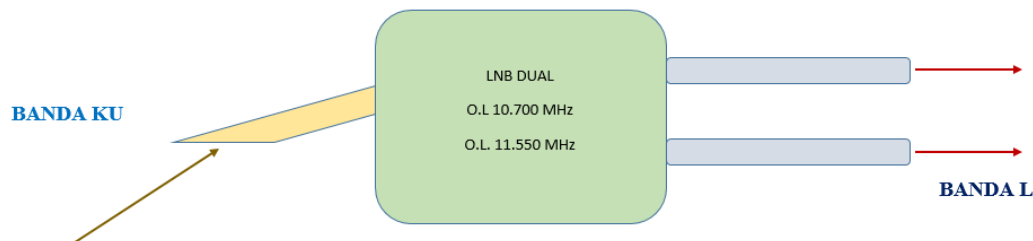


Fig.205 LNB Dual

Existe algo de solapamiento entre la Banda Baja y la Banda Alta, a compartir ciertas frecuencias, en concreto las comprendidas entre 11.500 MHz y 11.850 MHz. Pero en última instancia, las frecuencias que puede recibir una antena dependen fundamentalmente de los LNBs instalados en ella.

El Oscilador Local de los LNBs de Banca C tiene por lo general un valor fijo de 5.150MHz.

Los LNBs´ necesitan recibir alimentación eléctrica en corriente continua (+V DC) para su funcionamiento

LNB Universal

Los LNBs universales tiene por lo general una única salida, pero pueden recibir cualquiera de los 4 downlink de un satélite.



Fig.206 LNB universal

Para esto es necesario configurar el dispositivo mediante el menú del receptor al que está conectado, la banda específica que se va a recibir, según las siguientes órdenes

- + Tono de 22 KHz en posición OFF, downlink de Banda Baja
- + Tono de 22 KHz en posición ON, downlink de Banda Alta
- + Tensión continua de +13 V, Polarización Vertical
- + Tensión continua de + 18 V, Polarización Horizontal

Los LNBs universales más usados en la industria satelital suelen utilizar las siguientes frecuencias en sus Osciladores Locales

O.L. de 9.750 MHz para la Banda Baja

O.L. de 10.600 MHz para la Banda Alta

15.2 SPLITTER DE BANDA L

Aunque no aparece el esquema de la cadena de recepción visto anteriormente, porque no estrictamente necesario, un dispositivo splitter de RF es muy útil en la operación de bajada de satélite en operaciones con estaciones terrenas transportables, DSNG.

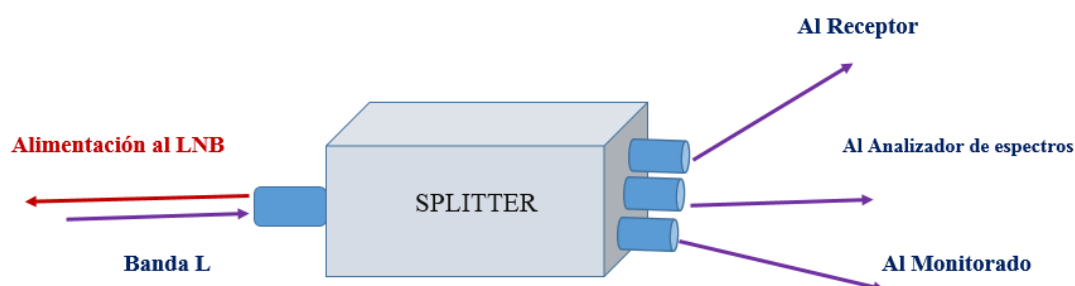


Fig.207 Esquema de funcionamiento dl dispositivo Splitter

La función más importante que realiza un dispositivo splitter en banda L es distribuir en varias salidas la señal que recibe en la entrada, como vemos en la figura. De esta forma, se puede llevar la señal de bajada de satélite, una vez ha pasado por el LNB, y por tanto está en Banda L, a varios dispositivos simultáneamente, como el Receptor, el Analizador de espectros y el Monitorado, por ejemplo.

Además el splitter puede encargarse de alimentar eléctricamente al LNB por el mismo cable por el que recibe la señal en Banda L.

Si el splitter no puede realizar esta última función será el Receptor, previo paso por el splitter, el encargado de llevar alimentación al LNB.

15.3 RECEPTOR DIGITAL DE SATÉLITE

El receptor digital tiene dos funciones fundamentales

1. Demodular la señal en Banda L que se le pone a la entrada, sacando información codificada en digital (MPEG 2/ MPEG 4)
2. Decodificar la señal en MPEG 2 /MPEG 4 pasándola a video + audio analógicos o pasándola a video digital (SDI) En este último caso, los audios pueden sacarse embebidos en la señal del video o salir en forma analógica.

La decodificación en un receptor digital es automática, No es necesario configurar el receptor con ningún parámetro, puesto que entiende que el protocolo MPEG 2/MPEG 4 a decodificar

Algunos receptores digitales cuentan también con un salida ASI (Asynchronous Serial Interface) por lo cual sacan la señal codificada en MPEG 2 / MPEG 4, Transport Stream.

15.4 DEMODULACION

En la cadena de transmisión de la señal se produce una etapa de modulación, como sabemos con unos determinados parámetros, En la etapa de demodulación, se han de utilizar los mismos parámetros ya que se produce el proceso inverso.

Los parámetros imprescindibles para demodular la señal son los siguientes:

- Frecuencia central de la portadora
- Symbol rate
- FEC

Estos parámetros son los mismo para la estación que realiza el uplink y la estación terrena que baja la señal, downlink

Otros parámetros complementarios son

- Inversión de espectro
- Tono 22 KHz
- + 13V / + 18V

Estudiemos los parámetros fundamentales

a. Frecuencia central de la portadora

La portadora que se baja del satélite alcanza el receptor digital en Banda L, como ya hemos visto.

Es por esto, por lo que el receptor digital necesita conocer la frecuencia central de la portadora en banda L

El operador de satélite que efectúa la subida al satélite tiene el dato relativo a la frecuencia central en Banda de Satélite, como es lógico. Este operador debe de conocer el valor del Oscilador Local del LNB en recepción para poder calcular el valor de la frecuencia en Banda L.

En los receptores profesionales de satélite los parámetros que se suelen configurar con la frecuencia de bajada en banda Ku y el O.L. del LNB, como hemos dicho. Mediante una sencilla resta, el receptor sitúa su búsqueda de la portadora en la frecuencia en Banda L que necesita.

$$\text{Frecuencia de Satélite} - \text{Frecuencia O.L.} = \text{Frecuencia en Banda L}$$

La mayoría de los receptores digitales de satélite permiten configurar a cero el parámetro de O.L. pudiendo poner el valor de la frecuencia en Banda L, si es que se tiene el dato, en el parámetro correspondiente a la frecuencia de bajada del satélite.

b. Symbol Rate y FEC

En este caso, y al igual que con la frecuencia central de la portadora, los parámetros de recepción han de ser los mismos que los que se aplican en la transmisión

En lo que respecta al FEC, algunos receptores digitales admiten seleccionar de forma automática este parámetro.

c. Inversión de espectro.

A veces la señal que se baja del satélite tiene el espectro invertido respecto a cómo se generó la portadora. En el receptor digital es posible seleccionar la posición ON en el parámetro Inversión de espectro, para que el dispositivo esté preparado para la recepción de una señal con estas características.

Actualmente, la mayoría de los receptores ofrecen la posibilidad de establecer este parámetro de forma automática, lo cual hace que resulte indiferente si la señal viene con el espectro invertido. Si no se ajusta convenientemente este parámetro no será posible lockear la señal.

Una señal llega con el espectro invertido debido a su procesamiento que, como sabemos, se efectúa en los equipos de recepción. Por ejemplo en Banda C es muy común que la señal llegue con inversión de espectro dado que ésta se realiza en el LNB de banda C, el cual tiene un valor de 5.150 MHz, mayor que la frecuencia de bajada de satélite, por lo cual al realizar la resta para pasarlo a Banda L, el espectro queda invertido.

d. 22 KHz y +13V/+ 18V

El receptor puede decidir la banda Alta o Baja y la polaridad, H o V, en banda Ku, que se desea recibir

Esto solo es útil si el LNB que se maneja es universal.

e. Parámetros indicadores del estado de la recepción

En un receptor digital de satélite existen algunos indicadores que sirven para conocer el estado o la calidad de la recepción que se está realizando. Los más importantes son:

- Link Margin: Indica el nivel de recepción de la portadora en dBW, aunque en realidad sería la cantidad de potencia que podría disminuir la portadora sin llegar a perder la recepción de la misma. Si el nivel de potencia cayese más debajo de un determinado umbral, que exactamente el valor del Link Margin, la recepción de la señal no sería correcta.
- BER (Bit Error Rate) Corresponde a la tasa de errores detectados en la trama de bits decodificada. Si su valor es de 10^{-3} significa que se está

detectando un bit erróneo para cada mil. Si el valor de BER es de 10^{-6} es error es de un bit por cada millón. Con un valor de BER de 10^{-4} es posible que la señal se reciba defectuosamente. El BER se puede medir antes de corregir al máximo los errores con los que llega la señal, o después de este proceso.

- **Eb/No** Se trata de la relación existente entre la energía por bit transmitido y la densidad del ruido. Se mide en dB y depende del BER, ya que mayor valor de BER menor valor de esta relación Eb/No
- **C/No** Es la relación portadora/ruido, denominada carrier to noise. Indica el nivel, en dB, relativo a la altura de la portadora y el nivel de ruido asociado.

16. EL ESTANDAR DVB-S2

El estándar DVB-S2 presenta un claro avance sobre el estándar DVB-S. Ambos estándares rigen las normas, protocolos y códigos aplicados en la transmisión vía satélite.

DVB-S2 permite aprovechar con mayor eficiencia el ancho de banda utilizado en la transmisión. Es decir es posible usar menos cantidad de MHz en el ancho de banda, o menos Mbps en le Data Rate, e incluso trabajar con los mismos MHz pero con más flujo en Mbps, que se usaban en DVB-S, para transmitir la misma información.

El efecto colateral de lo anteriormente expuesto, es que se necesita menos potencia en la transmisión, al reducirse el ancho de banda ocupado.

Una de las ventajas del estándar DVB-S2 respecto a DVB es la implementación de su FEC, basado en LDPC (Low Density Parity Check Code) que es de mayor eficiencia que el FEC aplicado en DVB-S que se bada en Viterbi y Reed Solomon.

Otra ventaja es el empleo de nuevos métodos de codificación, como VCM y ACM, y modulaciones como 8PSK y 16 ó 32 APSK

El modo más sencillo de DVB-S2 es el CCM (Constant Coding & Modulation) Se emplea siempre el mismo tipo de codificación de cuadro y la misma modulación.

Veamos los dos métodos de codificación apuntados.

+ **VCM (Variable Coding & Modulation)** Se trata de multiplexar varios servicios en la misma portadora usando diferentes tipos de codificación y modulaciones. Es una codificación muy útil si se quiere priorizar servicios en

función de las condiciones de recepción, dando más robustez de “coding rate” y modulación a los servicios de mayor prioridad. Esta codificación se usa también cuando se quieren enviar diferentes servicios a lugares con particulares condiciones de recepción.

+ ACM (Adaptative Coding & Modulation) Esta codificación requiere de un canal de retorno de las estaciones receptoras. La ventaja de este modo de codificación es que transforma el Link Margin en bitrate transmitido, minimizando el margen, que es energía desperdiciada a disposición del enlace por si las condiciones de la transmisión empeoran. De este modo, con cielo despejado, el enlace usará coding rates y modulaciones muy potentes en cuanto a capacidad del bitrate. Si las condiciones de recepción empeoran, la estación que transmite recibe por el canal de retorno esta información y cambia los parámetros para que el enlace no se interrumpa aunque el bitrate lógicamente sea menor que con cielo despejado.

+ El “Roll off factor” también denominado “exceso de ancho de banda” (excess bandwidth) define como han de ser las características del filtro de salida del modulador. Su valor estará comprendido entre 0 y 1 y, define de esta forma, el exceso de ancho de banda del filtro. Por ejemplo un valor de 0,35 de “Roll factor” indica que el ancho de banda del filtro es 1,35 veces el ancho de banda, que viene determinado por el Symbol Rate, de la señal de entrada. Tiene un efecto directo sobre la forma de la señal en el espectro. Se emplean valores de roll off más bajos cuanto mayor sean las restricciones de ancho de banda que se pueden aplicar.

La introducción del estándar DVB-S2 ha normalizado el uso de valores de roll off en torno al 20% o 24%, optimizando el ancho de banda ocupado en la transmisión.

17. CONVERSORES DE FRECUENCIA (Up Converter)

Nos encontramos con dos tipos de dispositivos, uno de denominados Agile y otros conocidos como Block Up.

Un Up Converter tipo Agile necesita una configuración previa con la frecuencia de salida específica. Suele tener una entrada en Frecuencia Intermedia con un rango entre 70 y 140 MHz. El ancho de banda de la señal que tiene que convertir es habitualmente de 40 MHz, aunque algunas veces alcance los 80 MHz.

Un Up Converter tipo Block (BUC) convierte la banda entera, es decir el ancho de banda de su ventana de 500 MHz si su rango es de 14.00 a 14.50 GHz, o de 750 MHz si el rango es de 13.75-14.50 MHz. Recordemos que el ancho de

banda de un satélite suele ser de 500 MHz por polaridad, repartidos entre 12 transpondedores, o de 750 MHz en algunos casos. Esto aporta dos ventajas fundamentales; En primer lugar, la versatilidad en cuanto a la hora de combinar varias portadoras, que se pueden separar en frecuencia más de 40 MHz, a los que está restringido los Up Converters Agile. La segunda ventaja, es la facilidad de operación ya que solo se configura el modulador.

18 SUMA DE DOS PORTADORES

Es posible que en algunas ocasiones se plantee la posibilidad de transmitir dos portadoras desde la misma estación transportable. Esto es posible, aunque es importante considerar que tipo de Frecuencia Intermedia vamos a utilizar.

Por ejemplo

Si la estación que opera la subida o uplink opera con Frecuencia Intermedia entre 70 y 140 MHz, es posible sumar las salidas de los dos moduladores aunque tratando de no separar las dos portadoras más allá del límite que marca la ventana de entrada que marca el Up Converter que como vimos anteriormente es de 40 MHz y excepcionalmente de 80 MHz. Esto limita el ancho de banda de las dos portadoras a sumar y también la separación entre las frecuencias centrales de cada una de ellas.

En este caso, podemos considerar una segunda posibilidad, que es la de sumar las portadoras en Banda Ku, si es que la transmisión es en esta banda, a la salida de los Up Converters respectivos. De esta manera se evita la posible limitación por ancho de banda y el problema de la estrecha separación entre las frecuencias centrales. El inconveniente es que se está operando con frecuencias que están en Frecuencia de Satélite a la salida de los Up Converters, lo que es delicado.

Nos podemos encontrar, por otro lado, que la estación que opera el uplink esté trabajando en Banda L con rango de Frecuencia Intermedia entre 950 y 2150 MHz. En este caso, lo adecuado es sumar en esta etapa de frecuencia. Se supone que en esta configuración se trabaja con un block up converter de frecuencia fija, por ejemplo a 12800 MHz. Por tanto, al aplicar la conversión de frecuencia a toda la ventana, como un bloque, de 750 MHz, no existe limitación en cuanto a anchos de banda o separación de frecuencias centrales.

19 INTERFERENCIAS.

19.1 INTERFERENCIAS POR POLARIDAD CRUZADA

Pueden surgir problemas en la transmisión cuando se produce una polaridad cruzada (cross-pol) ya que en este caso una parte de la energía destinada a ser transmitida en una polaridad se cuela en la otra polaridad, debido a que no están suficientemente aisladas entre sí. Esto puede ser motivado por un erróneo ajuste del eje de polaridad, aunque no hay que descartar daños en la óptica de la antena transmisora.

19.2 INTERFERENCIA POR INVASION DE CANAL

Este tipo de interferencias se produce si la estación que opera el uplink configura un ancho de banda superior al asignado en plan de transmisión. Por ejemplo, opera con 9 MHz en lugar de 6 MHz, o 6 MHz en lugar de 4,5 MHz, con lo que se produce una invasión del transpondedor contiguo.

Otro de los motivos de la interferencia por invasión de canal se produce si la frecuencia central de la señal en el momento del uplink está desplazada, con lo cual ocupa un lugar erróneo que hace más ancho el ancho de banda asignado. Este error puede ser motivado por error en la operación o por problemas de funcionamiento en los equipos de transmisión.

19.3 INTERFERENCIAS SOLARES

Estas interferencias no son evitables. Afectan principalmente a la recepción, y más en concreto a las antenas, provocando un aumento de ruido de tal manera que la amplitud de las señales útiles es demasiado baja.

Hay épocas del año en las que este tipo de interferencia se da con más asiduidad, como en el periodo primavera y verano, cuando la posición del Sol hace que la antena receptora, el satélite y el astro solar estén en una misma línea. Las antenas funcionan como reflectores que concentran energía, y el Sol es una fuente poderosa que se comporta como un punto de emisión de ruido térmico. Cuando esa alineación se produce, el ruido es superior a la señal de satélite, siendo imposible la transmisión durante unos minutos, hasta que la alineación se deshace con el movimiento natural del Sol.

20. AMPLIFICACION: HPA

El motivo por el cual se introduce en la cadena de transmisión los amplificadores es porque la señal se va debilitando a medida que se desplaza, es decir, disminuye su amplitud o potencia. El hecho de amplificar significa realzar o aumentar la intensidad de una señal.

Este proceso se conoce como atenuación y se suele medir en decibelios.

Al proceso se le conoce como HPA (High Power Amplifier)

Un amplificador es un dispositivo electrónico que tiene una entrada para la señal y una salida para la misma señal amplificada, además de una entrada para la fuente de alimentación. Las entradas y salidas de un amplificador son similares, excepto en el aumento de magnitud, y no debería añadir factores indeseables como ruido o interferencias.

Como sabemos, se representa por un triángulo

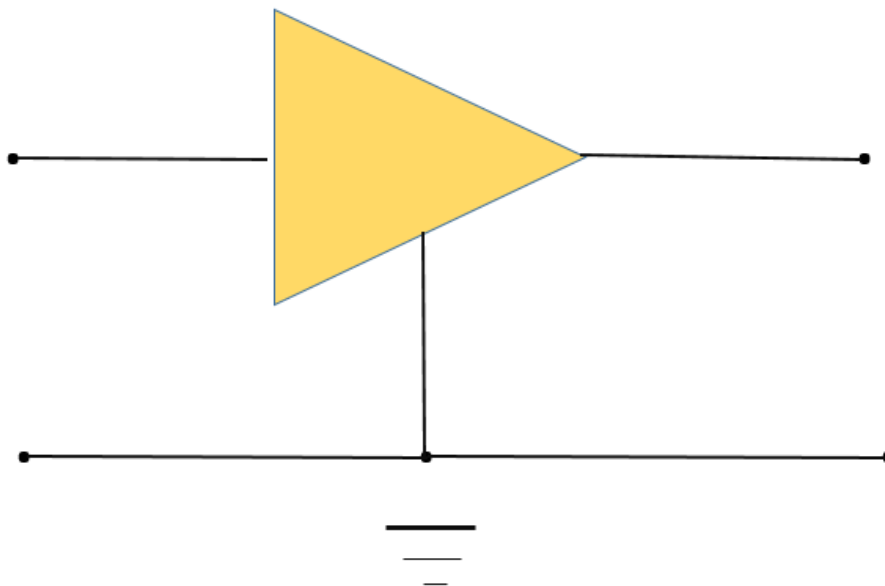


Fig.208 Amplificador

1. Tipos de amplificadores

- 1.1 SSPA (Solid State Power Amplifier) Son amplificadores de estado sólido, como los contruidos por transistores (TRTs') Desarrollan menos potencia que los amplificadores TWTA que veremos a continuación. En el caso de igualdad de potencia entre ambos, el

amplificador SSPA tiene a su favor que la transferencia es lineal en todo su recorrido

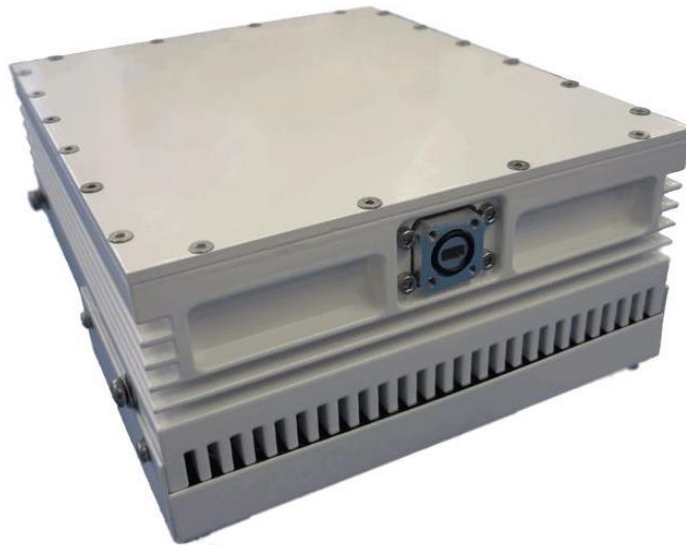


Fig.209 Amplificador SSPA

1.2 TWTA (Travelling Wave Tube Amplifier) Son amplificadores de tubo de onda progresiva. Son equipos pesados, de gran potencia, pero robustos y fiables. Suelen tener un ancho de banda típico que oscila alrededor de los 750 MHz. La operación interna se apoya en un haz de electrones disparado dentro de una válvula de vacío, con el objeto de amplificar las ondas que van ser transmitidas.

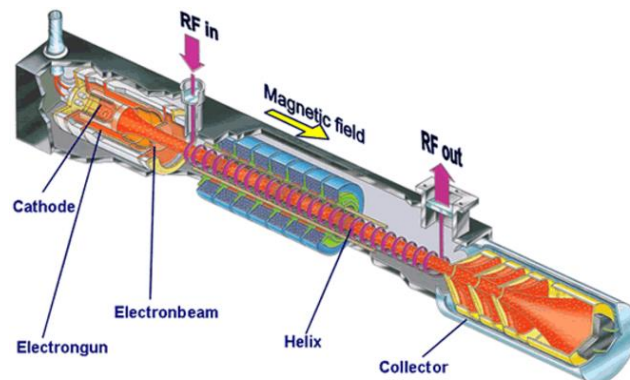


Fig.210. Amplificador TWTA

- 1.3 Klystron. Amplificadores con otro tipo de tecnología aplicada en su funcionamiento. Los hay de 1.6 Kw, 2.6 Kw y 5 Kw, que son los que pueden generar más potencia, Su ancho de banda suele encontrarse en el rango de los 40-80 MHz. Consumen mucha energía.



Fig.211 Amplificador Klystron

21. LINEAS DE TRANSMISIÓN

Toda línea de transmisión tiene una impedancia característica Z . Como sabemos la impedancia es la resistencia que presenta un circuito cuando se le aplica un voltaje. La impedancia extiende el concepto de resistencia a los circuitos por los que circula la corriente alterna y posee tanto magnitud como fase, al contrario que la resistencia en los circuitos de corriente continua donde la características físicas de la resistencia son únicamente magnitud y no fase (o fase 0°), coincidiendo en ese caso resistencia e impedancia.

Como decíamos toda línea de transmisión tiene una impedancia Z_0

Si desde el puerto 2 medimos una impedancia Z_0 , quiere decir que la línea está adaptada y la transferencia de potencia será máxima y sin pérdidas. Si se envía potencia a través de una línea adaptada toda la potencia transmitida será enviada a la carga y no existirán potencias reflejadas hacia la fuente.



Fig.212 Línea de transmisión e impedancias

21.1 Guía de onda.

En altas frecuencias los canales coaxiales presentan atenuaciones muy elevadas por lo que impiden que la transmisión de la información sea la adecuada, por lo que son desaconsejables para aplicaciones HF (High Frecuence) o de bajo consumo de potencia.

En estos casos se usan guías para el confinamiento de las ondas. Estos dispositivos se denominan guías de onda. Sus dimensiones dependen de las frecuencias de las señales que suelen transportar. Las pérdidas que experimentan son solo una pequeña parte de las que se producen en los canales coaxiales. Los campos eléctricos y magnéticos se forman en ángulo recto y son ambos perpendiculares a la dirección de propagación a lo largo del tubo.

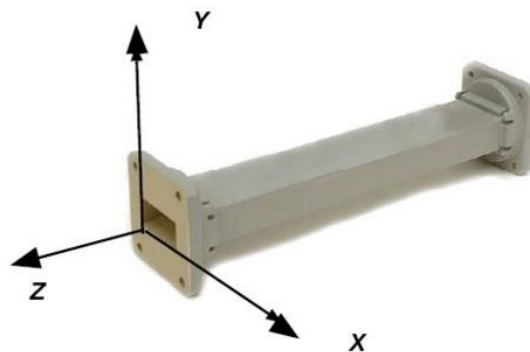


Fig.213 Guía de onda

Suelen estar compuestos por componentes metálicos, como cobre, plata, aluminio o latón, y su forma es rectangular o circulas. Las paredes interiores están finamente pulidas y plateadas, y el dispositivo en su conjunto está perfectamente sellado y rellenas de aire seco o gas, para evitar que las sondas tengan cualquier contacto con la humedad.

22 ANTENAS PARABOLICAS

22.1 Características de las antenas parabólicas.

Los satélites están situados a 36.000 km de la Tierra en la órbita geoestacionaria GEO. Por tanto, a esa distancia del planeta la potencia de emisión es muy pequeña por lo que la señal alcanza las estaciones terrenas muy atenuadas.

Para poder compensar esta pérdida de potencia es imprescindible utilizar antenas de alta ganancia, lo cual es posible usando platos parabólicos que concentran toda la energía que incide en ellos sobre un punto denominado foco, donde está situado el dispositivo denominado iluminador o alimentador.

Este dispositivo tiene la función de recoger la señal reflejada por el plato de la parábola. La entrada del alimentador se protege de tal manera que impida la entrada del agua, polvo e insectos, pero que permita el paso de las ondas hacia la guía de onda. El material comúnmente usado en los iluminadores es el teflón, material que además es resistente a los cambios de temperatura.

Tamaño del plato y la precisión con se ha construido son factores claves en una antena satelital. Mayor tamaño no significa mayor ganancia de la señal, y una desviación de unos milímetros en la superficie del plato implica una disminución de 2 dB en la energía recibida, ya que no ésta no se concentraría en el foco, como debería de ocurrir, sino en un punto cercano a éste, sin relevancia en la recepción.

La frecuencia es un elemento de importancia, ya que a mayor frecuencia de satélite mayor precisión es necesaria en la construcción del reflector del plato.

Las antenas parabólicas satelitales actúan en la cadena de transmisión, en la recepción o en ambas cadenas. Las antenas receptoras se denominan TVRO acrónimo de Televisión Receiver-Only.



Fig.214 Antenas TVRO

22.2 Tipos de antenas

La situación del alimentador y la posibilidad de un segundo reflector, las antenas se clasifican en función de estos parámetros.

- 22.2.1. **Foco centrado** ó antenas *prime focus*. En este tipo de antenas el alimentador se encuentra en el foco del reflector. El alimentador y sus varillas de sujeción hacen sombra en el reflector, lo que provoca una ligera pérdida en el rendimiento de la antena.



Fig.215 Antenas de foco centrado

22.2.2 **Antenas offset.** En este caso el reflector está constituido por la sección transversal de una parábola. El alimentador queda situado en el punto focal, pero para su sujeción se usa un brazo que se apoya en el perímetro del reflector, de manera que no se generan sombras en el plato reflector, ya que ambos quedan fuera de la línea imaginaria que une plato y satélite. Esta antena tiene un mayor rendimiento que la anterior.

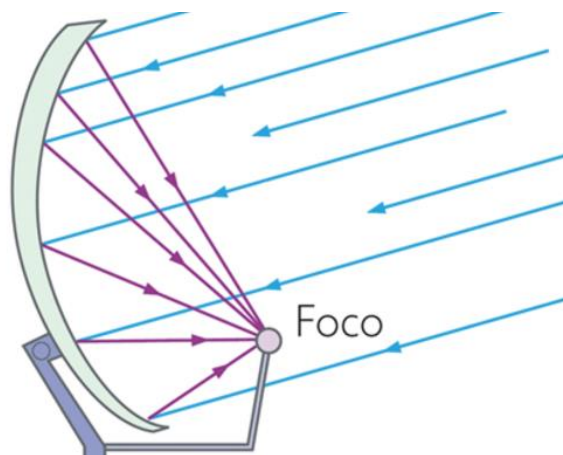


Fig 216 Antena Offset

22.2.3 **Antena parabólica Cassegrain.** En esta clase de antenas, en el lugar donde en las otras clases de antenas se coloca el alimentador, se instala un segundo reflector al que se denomina subreflector con forma hiperbólica. El alimentador se ubica en el foco de este subreflector que coincide con el dentro del reflector principal.

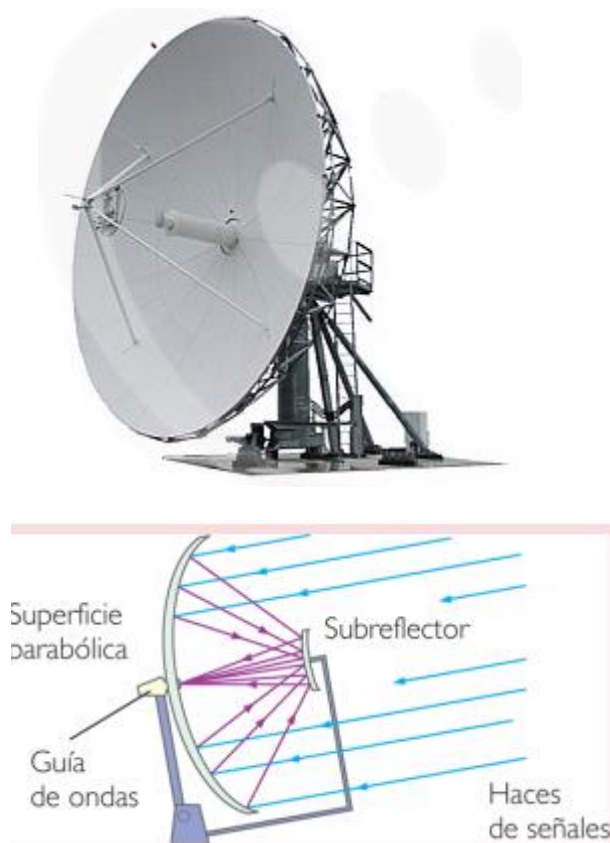


Fig217 Antena Cassegrain

22.2.4. **Antena tipo Gregorian.** Esta tipo de antenas son muy parecidas a la Cassegrain donde el subreflector en lugar de ser hiperbólico es parabólico.



Fig.218 Antena tipo Gregorian

En definitiva, cuanto más grande es una antena más directiva es. Por tanto las grandes antenas que todos conocemos necesitan contar con un sistema de auto apuntamiento al satélite para evitar pérdidas y que si las hubiese fuesen las mínimas. La exactitud del apuntamiento es necesaria debido al movimiento que las fuerzas perturbadoras (meteoritos, gravedad, rayos gamma, etc) ejercen sobre el satélite desviándolo ligeramente de su posición. Lo mismo ocurre con los satélites de órbita inclinada, los cuales necesitan un apuntamiento especial debido a que su trayectoria cambia con frecuencia.

23. HUELLAS DE SATELITE. PIRE

Cálculo del PIRE, acrónimo de Potencia Radiada Isotrópica Equivalente

$$PIRE (dBW) = Ganancia\ antenna\ (dBi) + 10 \log Potencia\ (Watts)$$

En inglés se denomina EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)

Tenemos que

$$Ganancia\ antenna = \frac{Potencia\ radiada\ por\ la\ antenna}{Potencia\ radiada\ por\ una\ antenna\ isotrópica}$$

La ganancia de la antena es un valor que ofrece el fabricante y su valor está relacionado con su diámetro además de otros parámetros.

Como el cálculo del PIRE se está referenciando a una antena isotrópica, el valor en decibelios será dBi.

El PIRE en el uplink es un valor que tiene toda transmisión y que hay que alcanzar para garantizar una transmisión en perfectas condiciones.

Es un dato de máxima importancia porque informa si desde una determinada ubicación es posible transmitir a satélite. Es un valor que proporciona el fabricante del satélite, obtenido a partir de las características de los transpondedores y de las portadoras, como ancho de banda, estándar DVB y otros.

A medida que la estación transmisora se aleja de punto o contorno más adecuado a la transmisión se debe de añadir un valor delta, que se especifica en dB en el mapa de los contornos de PIRE del satélite y que varía en función de la posición geográfica donde se ubicaría la estación transmisora.

Para llevar a cabo una transmisión a un determinado plan de frecuencias, la PIRE máxima de la estación transmisora debería ser igual o mayor que la PIRE de subida teniendo en cuenta el delta añadido.

En la PIRE de bajada, el mapa de contorno nos sirve para saber si es posible recibir una determinada transmisión en una ubicación geográfica. Al igual que con la PIRE de subida, el fabricante y/o propietario del satélite proporciona los mapas de contorno que definen además la huella del satélite.



Fig219. Contorno de PIRE del satélite Hispasat 1D

Es muy importante conocer estos datos de la PIRE de bajada, porque además están relacionados con el tamaño de la antena de recepción. A mayor PIRE el

plato reflector de la antena será de menor tamaño, y por el contrario, a menor valor de PIRE, el tamaño de la antena será mayor.

Al observar el mapa de PIRE de bajada anterior, observamos como los contornos están perfilados a las siluetas de los continentes, ya que no tiene sentido alguno emitir señales a lugares donde no vive nadie, como el mar, y malgastar energía en la transmisión.

23.1 Huella.

Se trata de la zona de la superficie terrestre delimitada por un contorno de densidad de flujo de potencia constante, que permite obtener la calidad deseada en la recepción de emisiones.

La huella y la PIRE están íntimamente unidas como concepto. El punto geográfico con el más alto PIRE es a su vez el punto donde la huella del satélite es más potente. Al igual que con los mapas de PIRE, la huella del satélite es un dato aportado por el propietario del satélite.

Ambos términos son imprescindibles a la hora de transmitir a satélite o de recibir contenidos vía satélite porque determina la viabilidad de la transmisión y recepción, y el tamaño de la antena, en el caso de que estas sean posibles.

En el satélite se ubican antenas que transmiten a la Tierra. La función primordial de estas antenas es perfilar una huella de un tamaño e intensidad adecuados sobre la zona donde se pretende retransmitir la señal procedente de otro punto de la geografía terrestre.

El tamaño de la huella se puede diseñar ya que está relacionado con la apertura del haz de la antena que se encuentra a bordo del satélite.

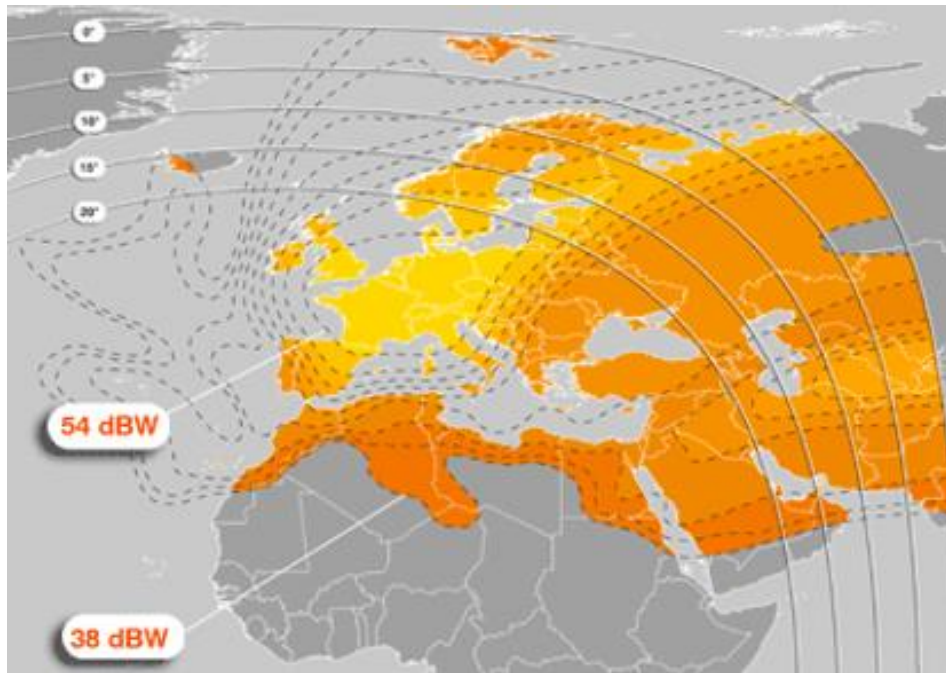


Fig.220 Huella de un satélite sobre Europa

24. PROCESO DE ALINEAMIENTO (line-up)

Es preciso seguir una serie de pasos protocolizados en la transmisión a satélite.

El proceso consiste en comprobar que la frecuencia central de la señal transmitida, la polaridad y el ancho de banda de la portadora son correctos.

Si existe error en alguno de estos tres parámetros, la transmisión no se llevará cabo en las condiciones de calidad exigidas. Incluso, como se comentó en el apartado dedicado a las interferencias, el hecho de invadir frecuencias adyacentes pone en riesgo la transmisión de otros usuarios.

Para cerciorarse, como test de prueba, suele transmitirse al satélite una señal en portadora pura (*clean carrier*), con un ancho de banda de 0 MHz.

Una vez comprobada los parámetros señalado anteriormente relativos a la transmisión, el controlador de satélite solicita elevar el nivel hasta un punto denominado nominal. El punto nominal se alcanza en los balances de enlaces (*link budgets*) tanto en la transmisión como en la recepción

Aunque la portadora *clean carrier* es visible en el espectro, no se puede receptionar en un receptor digital de satélite, ya que no transmite ningún tipo de información.

Una vez alcanzado el punto nominal, se procede a la modulación, momento en el cual los parámetros symbol rate o ancho de banda entran en juego con los valores previamente determinados en el plan de transmisión. Una vez se ha producido la modulación la señal está lista para ser transmitida previo paso por el Up Converter.

25. EJEMPLO PLAN DE TRANSMISIÓN.

A continuación, podemos ver el plan de transmisión que envía UER (Eurovisión) sobre la entrega del Balón de Oro, desde Zurich.

audio amended

Eurovision Network Services confirmation

EBU REF 13/000775/01 amendment 01 SE 32229 FIFA BALLON D'OR

Date: 07/01/13 timing: 16:45-21:15 UTC MULTIDIS

Kongresshaus

FIFA BALLON D'OR

FIFA BALLON D'OR

Origin:

CHFIFA ZRCH TES: F-101 Path: PATH1

Destination:

CHFIFA ZRCH

CHSTFA GNVE

ZZEVS GNVE

+ VTR NEWS TBA 1645-2115

FRCFI PARS

ALRTV TRNA

QAJZSP DOHA

ESFCBA BARC via: BARC ESCCT

BESKIA BRUX

CNCCTV BJNG

ESTVE MDRD

JPDENT TKYO via: TKYO JPFTN

USDTV LONB

ESDTS MDRD

FREUSP PARS

BRESPN SAPL

ARFOX BNRS

JPFTN TKYO

BRGSAT ROJA

BRTVG ROJA

FREQIP PARS

HUMTVA BUDO

MYASTR KLLR

ESTV5 MDRD
BRBAND SAPL
GBPEMS LNDN
AMPTV JRVN
CASPN TRNT
PTRTP LISB
AUSBS SYDN
DEPREM MCHN
ITSKYS MLNO
GBSNTV LNDN
HRSPTV ZGRB
CHSRF ZRCH
ZAMNET JHBG
MXTVA MXCO
GBRTV LNDN
UATRK DNTK
PTTVI LISB
ESCCT BARC
NOTV2 BRGN
SETV4 STOK
LVTV3 RIGA
JPTVT TKYO
ZZDIV MDRD
USFSI LGLS
GBIMG LNDN
TRFBTV ISTB
USCBSN NWWK

Origin and turnaround services:

1645-2115 EU7A-TXP B1 SLOT 1C12-HD1-GNVE ZZEBU

1645-2115 GNVE ZZEBU-AI01-FINE

1645-2115 FINE-MOD01NS-EMEK ILRRSA

1645-2115 EMEK ILRRSA-EMEK MOD01-AS5-TXP C03H SLOT 3A12

1645-2115 GNVE ZZEBU-CV17A-GNVE ZZEVN

1645-2115 GNVE ZZEBU-ENCODER FI08-FINE

1645-2115 GNVE ZZEBU-AI11-FINE

1645-2115 FINE-MOD03-MANS NLNSS

1645-2115 MANS NLNSS-USA-NWM-003 UP3-NS806-TXP26/26 SLOT26A12

Distribution network:

Timing: 1645-2115 UTC

ASIASAT 5 100.5 deg East TXP AS5 TXP C03H CHANNEL 12MHZ SLOT 3A12

UPLINK FREQ.: 5933 MHZ POL Y BY EMEK MOD01 (estacion que sube) _N (FIBER TO SAT ONLY)

DOWNLINK FR.: 3708 MHZ POL X (circular)

HD 1080i 50Hz DVBS2 8PSK 9.875Ms/s FEC 3/4,

P RoF 0.2 (MPEG4/H.264 420 21.503 Mbps) (la modulacion 8psk está unida al bit rate, si fuese QPSK el bit rate sería menor)

ENCRYPTION: BISS-1 KEY:765669B6F584

AUDIO:1 INTERNATIONAL SOUND STEREO LEFT

AUDIO:2 INTERNATIONAL SOUND STEREO RIGHT

AUDIO:3 ENGLISH TRANSLATION

AUDIO:4 FRENCH TRANSLATION

Timing: 1645-2115 UTC

EUTELSAT 7A (EX W3A) 7 deg East TXP B1 CHANNEL 12MHZ SLOT 1C12

UPLINK FREQ.: 14273.5 MHZ POL Y BY F-101

DOWNLINK FR.: 10973.5 MHZ POL X

HD 1080i 50Hz DVBS2 8PSK 9.875Ms/s FEC 3/4,

P RoF 0.2 (MPEG4/H.264 420 (4:2:0) 21.503 Mbps)

ENCRYPTION: BISS-1 KEY:765669B6F584

AUDIO:1 INTERNATIONAL SOUND STEREO LEFT

AUDIO:2 INTERNATIONAL SOUND STEREO RIGHT

AUDIO:3 ENGLISH TRANSLATION

AUDIO:4 FRENCH TRANSLATION

Timing: 1645-2115 UTC

NSS806 319.5 deg E TXP 26/26 CHANNEL 12MHZ SLOT-26A12

UPLINK FREQ.: 6308 MHZ POL R (polarizACION CIRCULAR DERECHA) BY USA-NWM-003 UP3

DOWNLINK FR.: 4083 MHZ POL L (POLARIZACION CIRCULAR IZQUIERDA)

HD 1080i 60Hz DVBS2 8PSK 9.875Ms/s FEC 3/4,

P RoF 0.2 (ROLL OFF FACTOR: SI ES 0.2 LA MODULACION ES COMPLETA Y LLEVA MÁS INFORMACION, SI ES 0.25 OCUPA MENOS ANCHO DE BANDA Y EL BIT RATE SERIA MENOR)

(MPEG4/H.264 420 21.503 Mbps)

ENCRYPTION: BISS-1 KEY:765669B6F584

AUDIO:1 INTERNATIONAL SOUND STEREO LEFT

AUDIO:2 INTERNATIONAL SOUND STEREO RIGHT

AUDIO:3 ENGLISH TRANSLATION

AUDIO:4 FRENCH TRANSLATION

Todos los conceptos estudiados en este capítulo están presentes en este plan de transmisión.

Por orden de principio a fin. Se especifica el origen de la señal, Zurich, Palacio de Congresos, así como todos los destinatarios o receptores de la señal.

A continuación se informa que la transmisión contará además con turnaround, es decir, que será necesario un doble salto tierra-satélite-tierra-satélite para llegar a zonas geográficas al otro lado del planeta. Es decir para que la señal pueda ser recepcionada en países del Pacífico, es preciso subir a un satélite que pueda ser bajado en India (por ejemplo) para subir de nuevo desde India a satélites que tengan huella en Japón (por ejemplo) Esta operación se denomina

turnoaround o doble salto. Como vemos en el plan de transmisión, la señal sube al satélite ASIAT 5, para este fin, además de Eutelsat y al satélite NSS806 para distribuir el contenido en otras zonas geográficas del planeta.

El plan informa de la encriptación de la señal que solo podrá ser recibida por los destinatarios señalados en el documento, que han pagado los derechos de emisión de la gala. La encriptación será método BISS-1, informando sobre el código para la liberación.

Se informa sobre ancho de banda (12 MHz) frecuencia, polaridad, modulación (8PSK) y estándar DVB-S2. La señal viene en formato 1080 i a 60 MHz de refresco.

El plan hace referencia al contenido que viene por cada uno de los cuatro audios de la transmisión, audio internacional estéreo en canales 1 y 2 (audio ambiente) y locución en francés e inglés en los audios 3 y 4.

CAPÍTULO CUATRO: TRANSMISIONES MEDIANTE RADIOENLACES TERRESTRES

1. TRANSMISIONES TERRESTRES: ENLACES MICROONDAS

Decimos radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicación que se lleva a cabo a través de ondas radioeléctricas.

Si los terminales son fijos se les encuadra en el apartado de radioenlaces del servicio fijo y si son móviles en el de radioenlaces del servicio móvil.

Los primeros, que son los que nos ocupan, son sistemas de radiocomunicación entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de transmisión de información con unas determinadas características de calidad y disponibilidad.

Al estar situados en la Tierra, se les considera como radioenlaces terrestres.

Las redes de distribución comenzaron con la instalación de radioenlaces en la banda de SHF (Microondas) basados en repetidores de visión directa. Estos radioenlaces de microondas, son similares a los de transmisión por línea o cable, salvo que el portador no es físico sino radioeléctrico



Fig.221 Radioenlaces terrestres microondas

Los radioenlaces de microondas funcionan en las bandas del espectro por encima de los 900 MHz y abarcan desde los enlaces más convencionales de visibilidad directa hasta de los que hacen uso de la dispersión troposférica e incluso de la propagación extraterrestre.



Fig.222 Conexión mediante radioenlace

Llamamos vano a una sección del radioenlace que une un terminal y un repetidor o entre dos repetidores o antenas.

Si la frecuencia de trabajo es inferior a 10 GHz, la distancia que alcanza el enlace es de 80 Km.

Si por el contrario la frecuencia de trabajo es superior a los 10 GHz, el alcance es de 30 Km, debido a la atenuación por lluvia.

Como es lógico es mucho más interesante desde el punto de vista económico y de infraestructuras, trabajar con aquellos que nos ofrezcan la distancia de trabajo máxima. Pero hay que considerar que el desvanecimiento de la señal tiene que ver con la distancia, por lo que ciertos límites no son traspasables.

En caso de que quisiéramos aumentar dicha distancia sería necesario trabajar con radioenlaces de propagación por dispersión troposférica, que son radioenlaces transhorizonte. Se instalan allí donde las antenas tienen una complicada ubicación, y, aunque tienen un alcance de 200 Km, necesitan elevadas potencias de trabajo y sufren grandes desvanecimientos

La TV es el primer usuario de los radioenlaces para la conexión entre estudios y centros transmisores y redes de transmisión de TV. La red de radioenlaces de microondas ha registrado una expansión notable en todos los países, estimulada, en parte por la automatización progresiva de la red telefónica y por la necesidad de disponer de más canales de TV de color.



Fig.223 Operación de transmisión con radioenlace terrestre

- Un radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios.

La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces que superen al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama vano.

Los repetidores pueden ser activos o pasivos. En estos últimos no hay ganancia y limitan se cambiar la dirección del haz radioeléctrico por lo que comúnmente se les llaman reflectores.

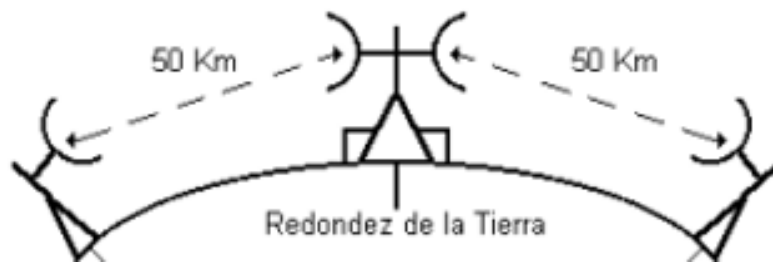


Fig.224 Utilización de dos vanos debido a la curvatura terrestre

Las frecuencias con las que suelen trabajar están en la banda que se extiende entre los 2 y los 50 GHz. Se les denomina enlaces de microondas.

Son sistema que trabajan con modulación. Las señales pueden ir multiplexadas.

En función de la modulación de la portadora, los radioenlaces pueden ser analógicos, con modulación FM, siendo la señal moduladora un multiplex telefónico de hasta 2.700 canales, o una señal de video de 0 a 5 MHz de anchos de banda, o una señal de radio FM.

O pueden ser radioenlaces digitales, con modulación B-PSK, 4-PSK, D-PSK, QPSK MQAM y otras.

La señal moduladora , puede ser audio, video, datos, multiplex digitales a 64 Kbs o multiplex de órdenes superiores.

La capacidad del radioenlace digital se dice que es baja si alcanza hasta 2 Mbps, media si llega a 8 Mbps y alta si es igual o superior a 34 Mbps.

Las antenas suelen ser muy directivas, permitiendo la reutilización del mismo par de frecuencias en cada vano.

Las ventajas de trabajar con radioenlaces son variadas. Una de ellas es que el medio de transmisión es el aire, algo que economiza inversiones en comunicación. La instalación es sencilla y rápida, la conservación no implica grandes costes y la actuación en caso de incidencia es rápida. Y fundamentalmente permite superar la orografía del terreno.

Los inconvenientes, son la obligación de una visión directa entre terminales, el hecho de tener que acceder a emplazamientos elevados, con lo que esto implica en cuanto al acceso a fuentes de energía, que la segregación de canales no es muy flexible, y que el ancho de banda en comparación con la fibra óptica es reducido.

Decimos que un equipo es transceptor (TRX) cuando es simultáneamente transmisor y receptor. La mayoría de los terminales que se usan en radioenlaces terrestres son transceptores.

Decimos que una estación es nodal, cuando a la llegada de la portadora o canal, se baja a banda base, pudiendo entonces extraer o introducir nuevas portadoras o canales para ser retransmitidos. Esta técnica se conoce como drop-in.

Un repetidor es activo cuando a la recepción de la portadora o canal, se amplifica en Frecuencia Intermedia y se reenvía.

Un repetidor es pasivo cuando a la llegada de la señal, ésta se reenvía en otra dirección sin intervenir en ella. Se trata de espejos (reflectores) o sistemas back to back.

El sistema de comunicaciones en un radioenlace es un sistema en serie, ya que una corte o incidencia grave en un vano inutiliza el sistema completo.

Exige una elevada disponibilidad. La redundancia de la transmisión precisa de elementos de reserva, tanto en terminales como en canales, así como aplicar técnicas que eviten o disminuyan el desvanecimiento de la señal.

Los elementos de reserva, pueden ser equipos de protección para los terminales, y para los canales, otros canales redundantes, por ejemplo, M canales activos y N de reserva, configurando, por tanto, un sistema M+N. Son habituales configuraciones 2+1 o 3+1.

- Estructura de un radioenlace

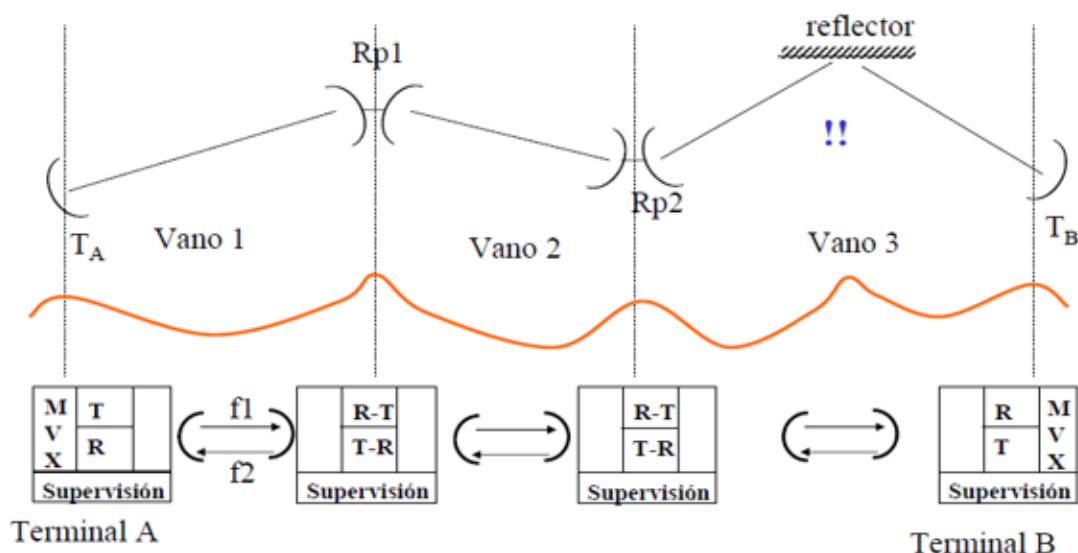


Fig. 226 Estructura de un radioenlace con 3 vanos

Como vemos en la figura, la antena se ven, de tal manera que los haces que las unen no tienen ningún tipo de obstáculo. La ubicación de estas antenas en lugares elevados hacen posible esta visión directa.

Comprobamos también como para llegar de la antena T_A origen de la señal, hasta la antena T_B hemos necesitado 3 vanos. La distancia máxima de alcance de un vano suele estar en torno a los 80 Km, como vimos aunque es posible alcanzar una distancia mayor con otro tipo de propagación, tal y como apuntamos anteriormente.

La estructura del enlace, nos informa que al menos hay una portadora en cada sentido del enlace, la primera con una frecuencia f_1 y la segunda, en la otra dirección con una frecuencia distinta f_2 . Cada una de ellas tendrá una polaridad distinta, bien horizontal o vertical, para evitar interferencias. A una pareja de portadoras, una en cada sentido del enlace, con frecuencias y polaridades diferentes se le denomina radiocanal. Un enlace puede tener más de un radiocanal en cada sentido.

Vemos, como cada antena es receptora, y como en la misma estación radioeléctrica, en la dirección contraria, se sitúa una antena transmisora para continuar con el sentido del enlace en dirección T_A-T_B . Pero como la señal es bidireccional (dúplex) cada antena es a la vez receptora y transmisora.

Finalmente observamos en el vano 3, que existe un reflector que es una antena que no interviene de ninguna manera en la señal, limitándose sencillamente a reflejar la señal para poder alcanzar el destino, posiblemente porque existe algún obstáculo que impide que las antena con la que comienza en último vano, vea a la antena destino T_B .

Los sistemas de radioenlaces se caracterizan por el número de radiocanales principales y de reserva con los que están equipados. (1+0; 1+1; 1+2...1+n), como vimos con anterioridad

Se entiende por radiocanal una portadora de ida y retorno con su señal moduladora.

En consecuencia, un radioenlace con n radiocanales principales, con una capacidad de C canales telefónicos cada uno de ellos, se comportan como n radioenlaces de C canales yuxtapuestos sobre el mismo trayecto. La capacidad total es **$n \times C$** canales telefónicos



Fig.227 Estructura con 3 radioenlaces en explotación

La siguiente figura nos muestra una serie de vanos entre estaciones radioeléctricas, cuyas antenas transceptoras transportan distintos canales multiplexados (96 en VF) y en modo dúplex, entre una estación origen/destino Terminal A y dos estaciones destino/origen Terminales B (48 canales en VF) y C (48 canales en VF)

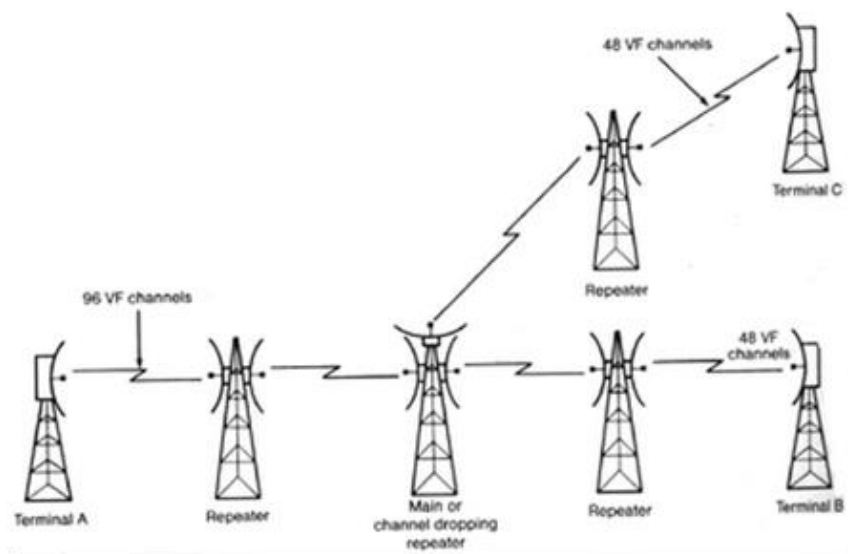


Fig. 228 Transmisión de canales en VF por radioenlace terrestre.

A bajas frecuencias se utilizan torres metálicas para la instalación de antenas y a altas frecuencias estructuras metálicas mucho más rígidas (y por lo tanto más costosas) o estructuras de cemento como las de los centros de comunicación de las grandes urbes

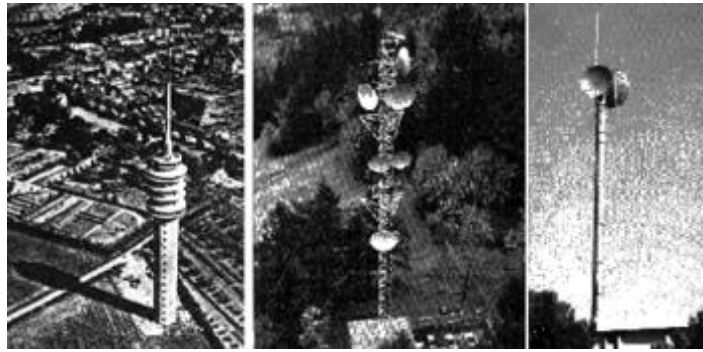


Fig.229 Estaciones radioeléctricas

2. PLAN DE FRECUENCIAS

Un plan de frecuencias para cada banda, en un radioenlace terrestre, fija una serie de parámetros de enorme importancia.

En primer lugar, la frecuencia central, que como sabemos, es la frecuencia de trabajo.

A continuación el ancho de banda del canal y el número de radiocanales presentes en la banda. Cada radiocanal tiene asociado una portadora, la cual también, tiene una frecuencia central. Establece la polaridad de cada portadora-

Por otro lado, establece la banda de guarda entre las frecuencias extremas de la banda y las frecuencias adyacentes a ellas.

Por último, el tipo y calidad del radioenlace.

El objetivo es optimizar la utilización del espectro radioeléctrico y minimizar las interferencias, para facilitar la interconexión con circuitos internacionales, intercalado de radiocanales adicionales, etc.



Fig.230 Antenas de enlace microondas

El siguiente esquema nos muestra un radioenlace por el que se está enviado señal de una cámara (video + audio) hasta otro punto situado a 10 Km de distancia. Este segundo punto puede estar ubicado en la torre de comunicaciones del Centro de Producción de una televisión, y el primero, puede ser un punto determinado de la ciudad desde donde habitualmente se envían contenidos (una delegación, un organismo oficial, etc) Obsérvese la distancia entre la cámara y el transmisor (100 metros), lo que implica un lugar elevado para instalación de la antena. En la recepción, ocurre algo parecido.

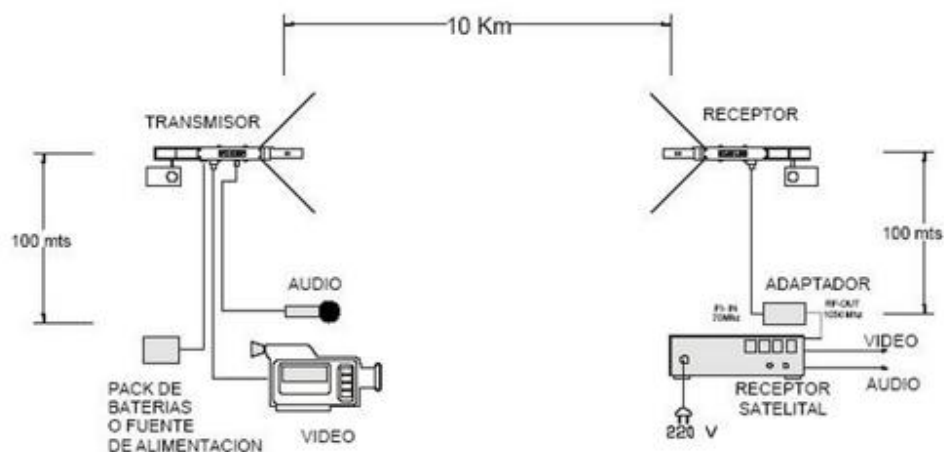


Fig.231 Transmisión de la señal de una cámara de video por radioenlace

La figura nos sirve como ejemplo para ver una aplicación práctica de aplicación de la tecnología que estamos estudiando.

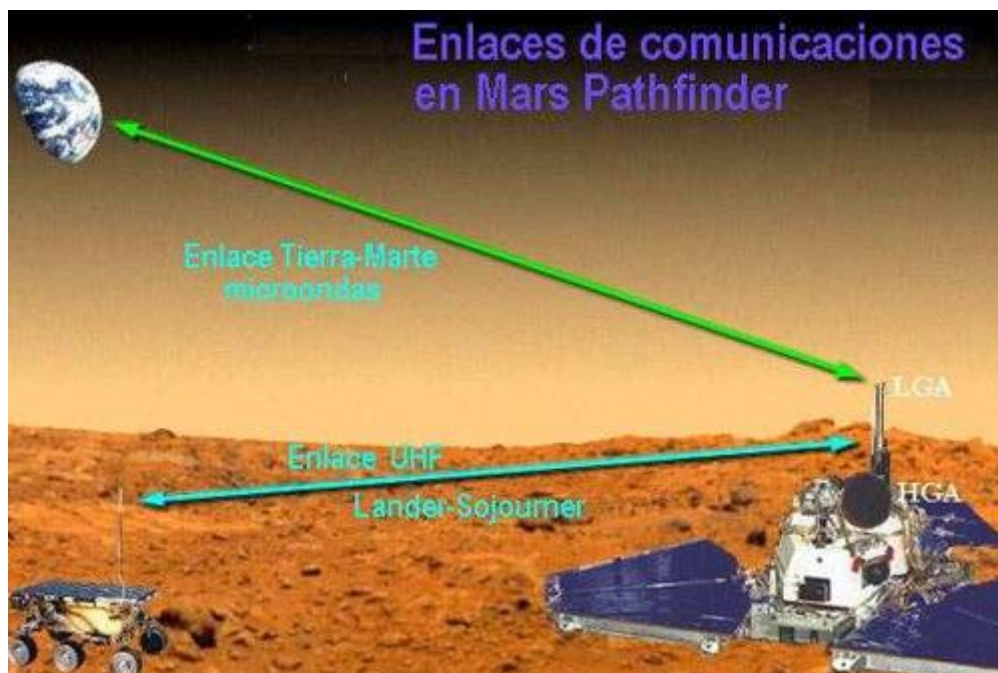


Fig.232 Radioenlace entre Marte y la Tierra

La comunicación entre la sonda Mars Pathfinder y la Tierra se produce, a pesar de la enorme distancia, por el vacío que une los dos planetas.

El enlace se lleva a cabo gracias al Deep Space Network (DSN) que consiste en un grupo de radiotelescopios de 24 y 70 metros. Ambos operan en dos

canales de microondas, la banda S a 2.3 GHz y la banda X a 7.2 GHz para el enlace de subida y 8.4 para el de recepción. El Pathfinder utilizó un bloque de transmisión en banda X de 12 vatios de potencia y con amplificadores de estado sólido SSPA. La comunicación con la Tierra fue, por un lado con la antena de gran ganancia HGA, y con la antena de baja ganancia LGA. Ambas eran capaces de recibir el canal ascendente en 7.2 GHz y de transmitir hacia la Tierra en 7.2 GHz.

La antena de baja ganancia LGA proporcionaba una velocidad de transmisión de 600 bps. La antena HGA alcanzaba una velocidad de 11 Kbps

El radioenlace se utilizó para enviar comando de control sobre el rover, y para recibir en la Tierra imágenes y datos telemétricos desde el mismo rover. El rover enlazaba con el Pathfinder mediante un canal en UHF, que no podía, por el rango de frecuencias, conectar directamente con la Tierra.

3. CENTRO NODAL

Los Centros Nodales son los centros de gestión de red y a su vez centros de difusión y emisión de contenidos y programas de televisión y radio.

Por tanto son nudos neurálgicos de la Red de un operador de telecomunicaciones y audiovisual.

A su vez son el principal centro emisor para señales de radio y televisión en las zonas que se encuentran en su radio de cobertura geográfica. Pero también, como centro neurálgico de la Red del operador, se encargan de difundir y emitir las señales de radio y televisión por zonas más amplias, como regiones y Estados gracias a la red de radioenlaces en explotación que vertebran la orografía del país.

Un Centro Nodal, por otra parte, presta servicios ocasionales de coordinación y operación con señales de televisión a sus clientes. Esto significa que pone a disposición de sus clientes la red de radioenlaces en explotación para la contribución, intercambio y distribución de contenidos en modo ocasional.

Todos los Broadcasters, televisiones y radios, se unen con el Centro Nodal de su zona para facilitar la emisión de su programación, bien sea a través de radioenlaces o mediante el uso de fibras ópticas. Dichas conexiones pueden ser tantas como el Centro de Producción del Broadcaster precise, no solo para llevar por ellas la programación sino, también, para proveerse de contenidos

ocasionales de terceros como para distribuir sus contenidos en forma ocasional a quien los demande.

Es posible que estas líneas o enlace que unen los Centros de Producción con el Centro Nodal se utilice para intercambio regular de contenidos con Broadcasters asociados, como es el caso de FORTA. Las televisiones asociadas al Federación de Organismos de Radio Televisión Autonómica, intercambian varias veces al día todo tipo de contenidos generados por cada una de ellas y que son de especial interés para los demás. Este intercambio se realiza a través del Centro Nodal de FORTA en Madrid, que está unido con todas y cada una de las televisiones asociadas. A su vez, el Centro Nodal de FORTA se une al Centro Nodal de Torrespaña para hacer uso de la red de radioenlaces de Abertis, que es el operador propietario de este segundo Centro Nodal. En función de las necesidades de contribución y recepción de señales de terceros que cada televisión autonómica tenga, las líneas de entrada y salida que unen su Control Central con el Centro Nodal de FORTA serán más o menos numerosas.

Entre las funciones del Centro Nodal se encuentran la difusión todos los programas de televisión, es decir la emisión, de todas las cadenas de televisión nacionales y autonómicas, tanto sea su tecnología analógica (en desuso) como digital (TDT) Exactamente igual con las emisoras de radio. Por consiguiente, todos los Controles Centrales de las cadenas de radio y televisión se han de unir con el Centro Nodal correspondiente, el cual, a su vez, transportará dicha emisión por su red de radioenlaces a otras estaciones nodales y otros Centros Nodales que hay en el país.

El Centro Nodal puede contar con un telepuerto satelital para transmisión y recepción de señales en bandas de frecuencia con las que se suele trabajar en en la zona donde está ubicado. Por ejemplo, en España es habitual la transmisión y recepción de señales en banda Ku.

Sin embargo, para acceder a señales de satélites en otras bandas, y para completar su capacidad de transmisión y recepción de señales a satélite, los principales Centros Nodales se unen con telepuertos y Estaciones Terrenas propias y de terceros a través de enlaces microondas o fibras ópticas. El número de líneas que unen al Centro Nodal y la Estación Terrena estará dimensionado en función del tráfico previsto entre ambos.

Los siguientes esquemas nos muestran parte de la torre de comunicaciones de Torrespaña.

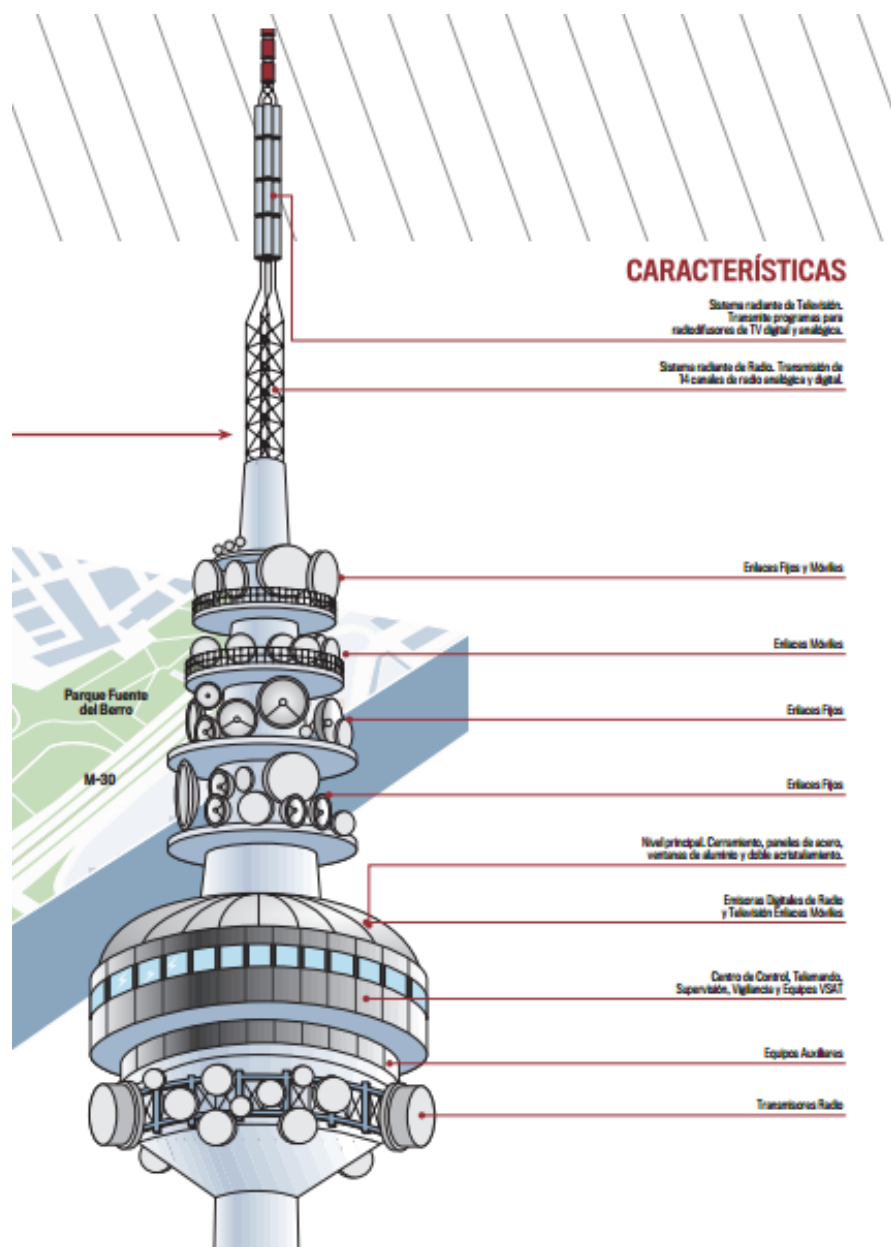


Fig.233 Enlaces en Torrespaña

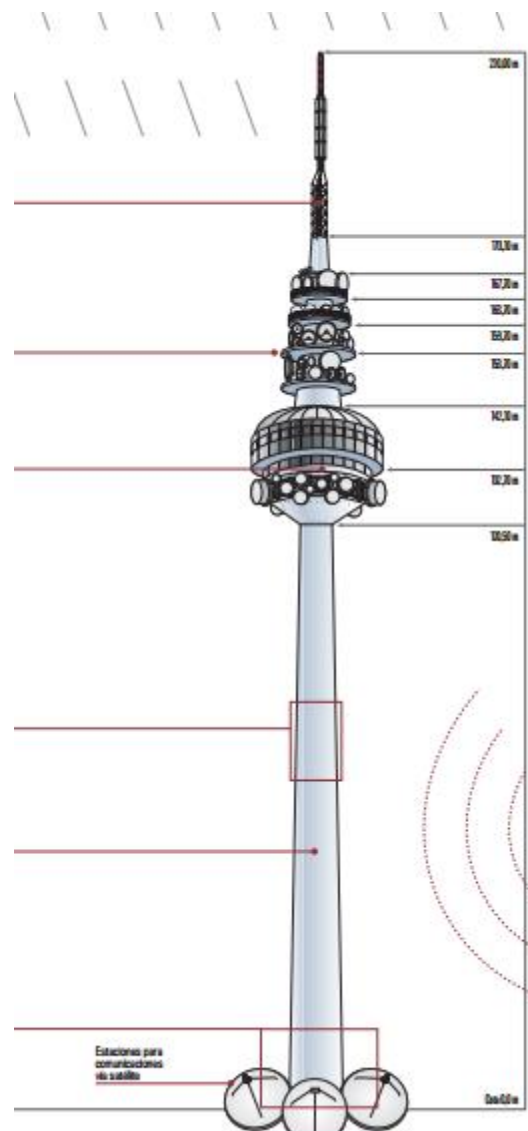


Fig 234. Torre de comunicaciones Torrespaña

Como vemos la torre se divide en varios espacios, cada uno de ellos con un servicio concreto. Vamos a estudiarla por partes

En primer lugar, la antena, subdividida en dos partes, una que tiene como función la emisión de la programación de las cadenas de televisión mediante un sistema radiante, y otra para la emisión de las cadenas de radio.

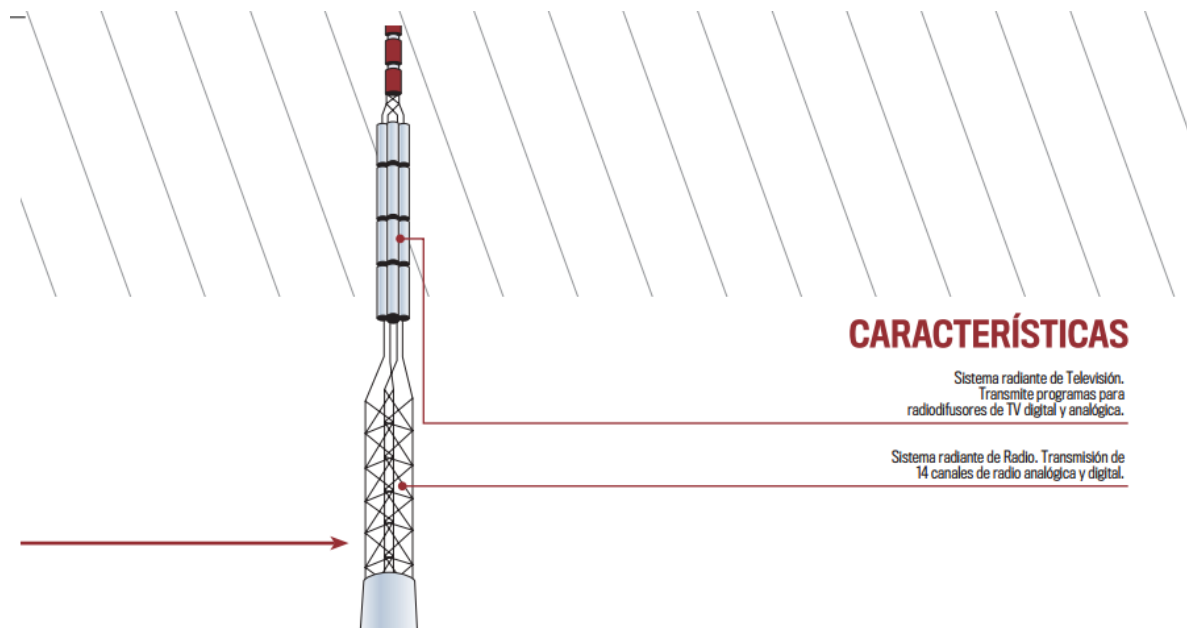


Fig.235 Antena de emisión de televisión y radio en Torrespaña

A continuación, se encuentra diversas terrazas escalonadas que albergan antenas dedicadas a servicios de radioenlace

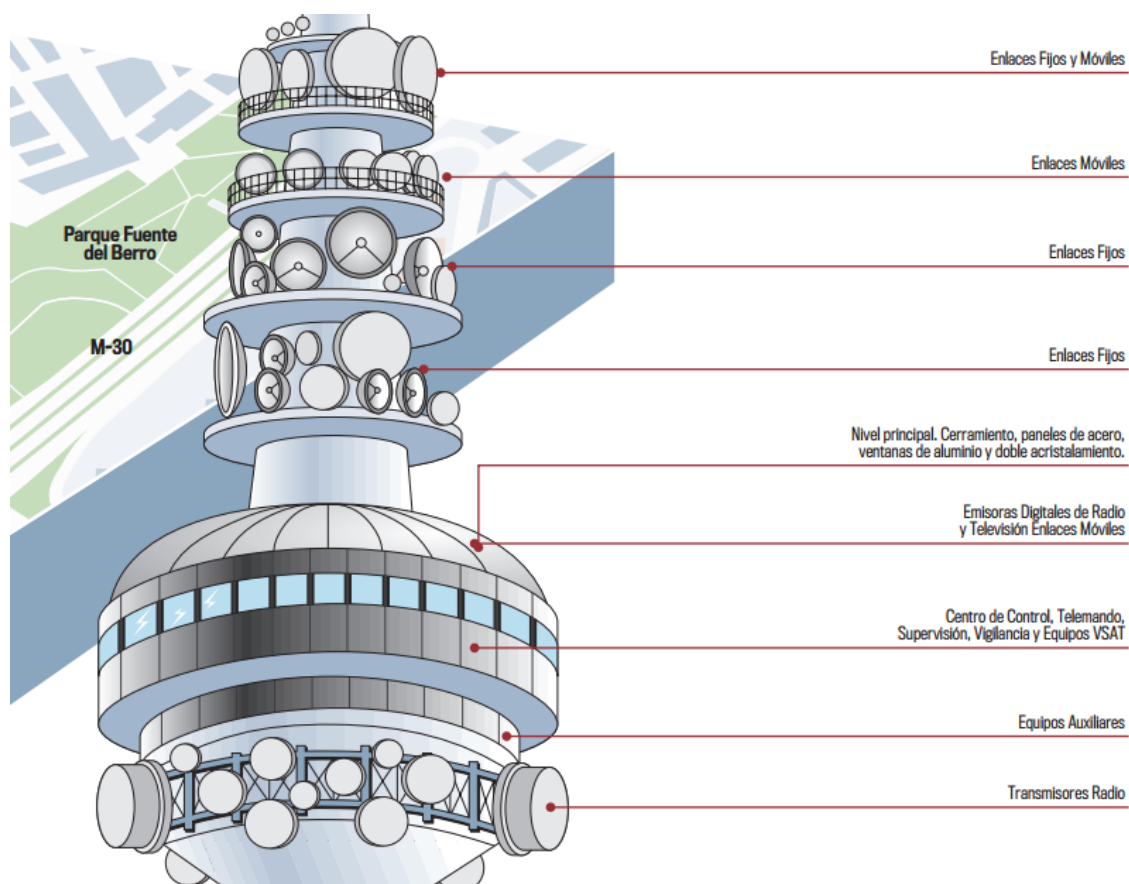


Fig.236 Antenas de radioenlace en Torrespaña

En la terraza superior se ubican enlaces del servicio fijo y radioenlaces del servicio móvil. Los primeros son aquellos que unen a la torre con puntos establecidos e inamovibles, como por ejemplo las estaciones radioeléctricas de la red, en este caso, con aquellas que tienen visión directa con Torrespaña. Además unen a la torre con otros puntos de la ciudad, fijos, con el fin de recibir señales de televisión (o radio) con el fin de ser emitidas o para contribuir con ellas en modo ocasional a la producción de programas. Por ejemplo, Torrespaña se une con Atresmedia con varios fines y líneas. Por un lado para la recepción de su programación, que será emitida desde la antena que vimos con anterioridad. Para ello necesita líneas en modo simplex, que transportan la programación de las cadenas que componen este grupo de comunicación hasta la torre. Y por otro lado, con enlaces en modo dúplex que posibilitan el intercambio de contenidos entre Torrespaña y en Control Central ó MCR de Atresmedia. El Ayuntamiento de Madrid es un punto de la ciudad que se une con la torre través de radioenlaces del servicio fijo, con el fin de que las televisiones que así lo requieran puedan recibir una señal de televisión con los eventos que se produzcan en el edificio. Como este ejemplo hay muchos en la ciudad de Madrid. Estos enlaces entre puntos fijos y Torrespaña pueden haber

evolucionado hacia otras tecnologías como por ejemplo la fibra óptica, de tal manera que el tradicional radioenlace ha sido sustituido por una conexión de fibra. Sin embargo, muchos otros organismos, como instituciones públicas y privadas, bancos, servicios públicos y de emergencia, etc hacen uso de los radioenlaces para la contribución e intercambio de sus contenidos.

El siguiente esquema nos da una idea de algunos de los puntos de la ciudad unidos mediante enlaces fijos con Torrespaña.

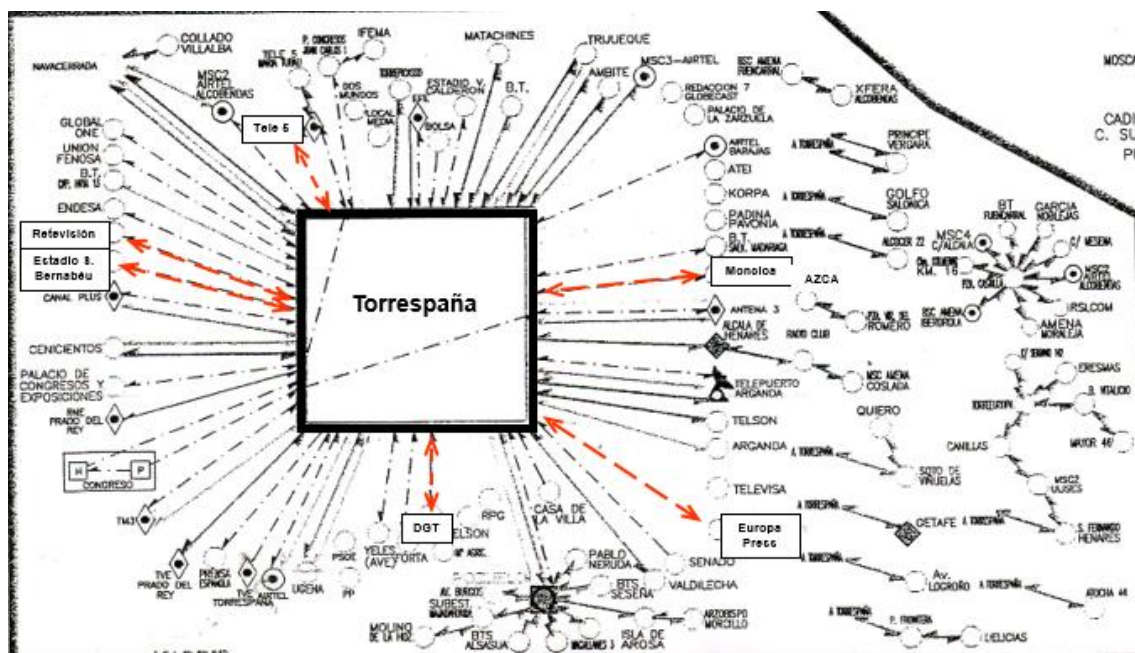


Fig237 Conexiones de diversos puntos en Madrid con Torrespaña

Como vemos, Si T5, en la parte superior del mapa a la izquierda, quiere recibir una señal procedente del Palacio de la Moncloa, ha de solicitar a Torrespaña, que se une con ambos mediante radioenlaces del sector fijo, un servicio de conmutación, es decir, que la señal de Moncloa una vez esté en la torre, ha de ser reencaminada al Control Central de T5 por una de las líneas o enlaces de entrada que les unen. De esta manera, el MCR de T5 podrá tener la señal de Moncloa, en directo, para hacer uso de ella en la producción de sus programas como, por ejemplo, pincharla en directo en su informativo y/o grabarla en su servidor para editar los momentos más interesantes de la comparecencia del Ministro Portavoz.

Este ejemplo se puede extrapolar a muchos otros puntos de la ciudad. En el mapa se han marcado algunos con líneas rojas para resaltar algunos otros ejemplos.

En el capítulo dedicado al proyecto LIVE, se analiza con detalle las posibilidades que ofrece la interconexión con un Centro Nodal.

La imagen nos muestra la imagen de unas antena de radioenlace del sector fijo ubicadas en una de las terrazas de la torre y que se unen con otras situadas en puntos fijos de la ciudad de Madrid



Fig238 Antenas de radioenlace en Torre España

Continuando con los enlaces ubicados en las terrazas, podemos observar que algunos se dedican a servicios de enlace móvil. Estos sistemas permiten explotar en toda su extensión todas las potencialidades de los sistemas inalámbricos por la movilidad inherente al mismo. Son sistemas zonales lo que implica una variación continua del trayecto radioeléctrico. Además, permiten el intercambio de información entre terminales móviles y/o terminales fijos con una calidad determinada. Se usan en ámbitos restringidos como tareas de despacho, gestión de flotas, mantenimiento de servicios públicos (policía, bomberos,...) así como en telefonía móvil automática, sistemas de concentración de enlaces, interconexión entre redes móviles y la red telefónica pública conmutada (RTPC), con utilización de técnicas digitales de acceso TDMA y CDMA, y transmisión de voz y datos.

En el interior de la zona alta de la torre se ubica el MCR para Control, Telemando, Supervisión y Vigilancia de la Red. Desde aquí se operan las conmutaciones de señales que los clientes solicitan, se habilitan líneas ocasionales para contribución de contenidos, se supervisan todas las estaciones radioeléctricas de la Red, y se controla la calidad de la emisión de las cadenas de radio y televisión

Las siguientes imágenes nos dan una visión de este MCR



Fig239 MCR-Control Central en Torrespaña

4. CENTROS NODALES EN ESPAÑA

En el mapa de España de Radioenlaces vemos que se enmarcan en color algunos puntos geográficos.

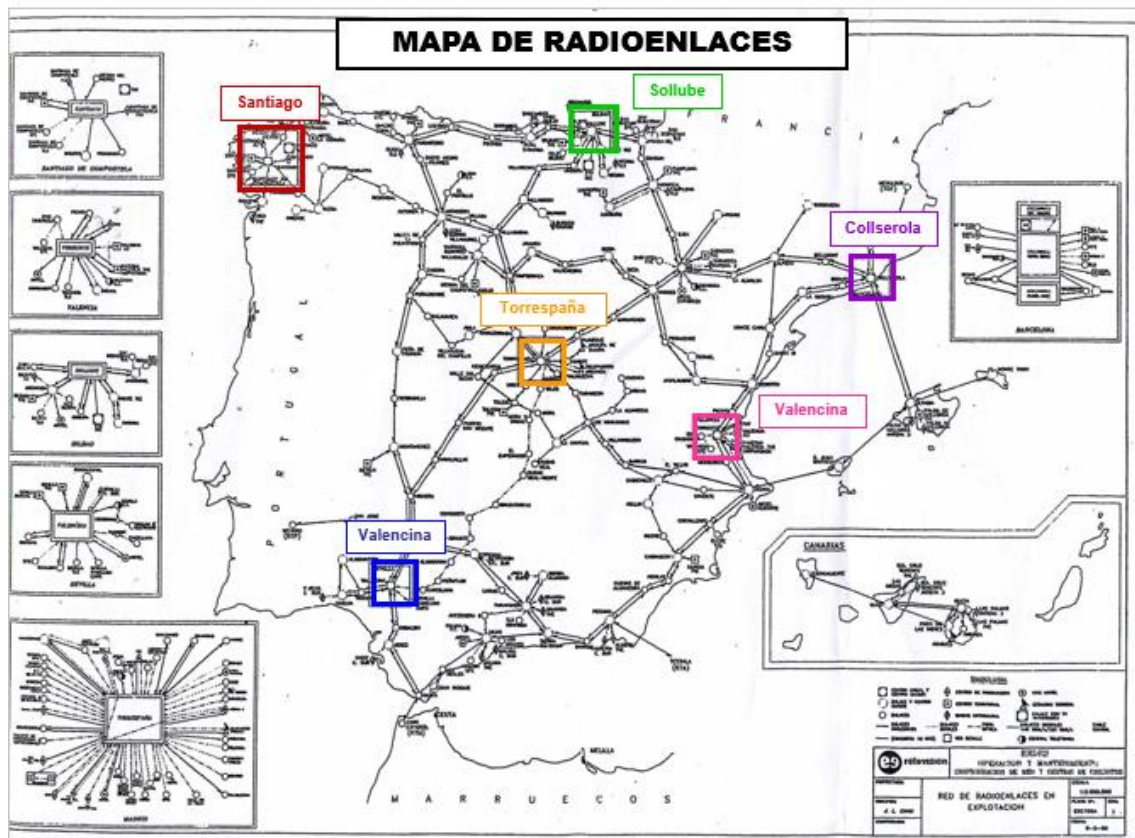


Fig. 240 Red de radioenlaces en explotación en España y Centros nodales

Estos recuadros corresponden con los otros Centros Nodales en España. Estos son:

COLLSEROLA en Barcelona

TORRENTE en Valencia

VALENCIANA en Sevilla

SANTIAGO en Santiago de Compostela

SOLLUBE en el País Vasco

Las siguientes imágenes nos dan una idea de su magnitud y capacidad. Vemos por este orden, Collserola, Torrente y Sollube



Fig.241 Centro nodal Collserola en Barcelona



Fig.242 Centro nodal Torrente en Valencia



Fig.243 Centro nodal Sollube en el País Vasco

La ubicación del Centro Nodal, debe de ser lo más estratégica posible para que la ciudad a la que sirve optimice sus servicios. La siguiente imagen nos muestra donde se sitúa el Centro Nodal de Collserola, en lo alto de la montaña sobre Barcelona de tal manera que toda la ciudad ve la torre de comunicaciones y desde ella se ve toda la ciudad. El establecimiento de radioenlaces con la ciudad es mucho más sencillo y económico desde esta ubicación.



Fig244 Barcelona y Collserola en el Tibidabo dominado la ciudad

Los Centros Nodales de Torrente y Sollube, se sustentan en grandes estaciones radioeléctricas en las que se instalan un número determinado de radioenlaces del sector fijo y móvil. Las imágenes nos muestran algunas de las estaciones que hay en ambos complejos.

Todos los Centros Nodales cuentan con un MCR, que actúa como Centro de Control y Supervisión. En constante comunicación con el Centro Nodal principal, Torrespaña, envían y reciben programas de televisión ocasionales, o la emisión de las cadenas de ámbito nacional para su difusión en sus zonas geográficas. El mapa de radioenlaces, muestra la líneas que unen al Nodal principal en Madrid, con cada uno de los otros Nodales, mediante líneas compuestas por una serie de vanos que unen estaciones radioeléctricas situadas en el trayecto desde Torrespaña hasta el correspondiente Centro Nodal. Algunas líneas llegan a zonas en las que no hay Centro Nodales, como el caso de Asturias, Andalucía Oriental, las Islas Baleares o las Islas Canarias. En estos casos las estaciones nodales situadas en esas zonas hacen la función de Centros Nodales. La conexión con Canarias se realiza por fibra óptica submarina y mediante enlace satelital. La conexión con Baleares mediante radioenlaces que unen Denia con Ibiza, punto más cercano de la costa y la islas. Las conexiones con las Islas Baleares también se apoyan en redes de fibra submarina. La conexión entre islas se produce mediante radioenlaces y cables submarinos. La imagen muestra un radioenlace en la estación radioeléctrica situada en la isla de Formentera.

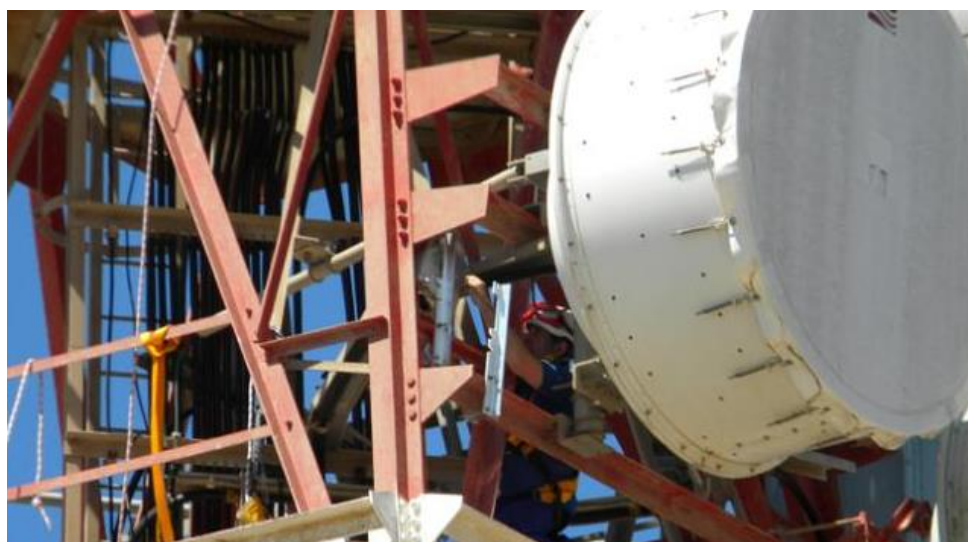


Fig.245 Antena de radioenlace en la isla de Formentera

Los Centros Nodales, al igual que Torrespaña, se unen con organismos e instituciones más representativos de sus respectivas ciudades, ejerciendo la misma función que Torrespaña en Madrid. La red en estrella que supone esta arquitectura de enlaces, permite que cualquier evento que se produzca en cualquier punto que esté unido a su vez con el Centro Nodal de su zona, estará disponible para los demás Centros Nodales, y a su vez, para todos aquellos puntos que estén unidos con ellos. El pleno del Ayuntamiento de Santiago de Compostela, está disponible en el MCR de Canal Sur, con solo solicitarlo, y abonar la parte de red utilizada para su transporte. La ruta de esta señal sería la siguiente

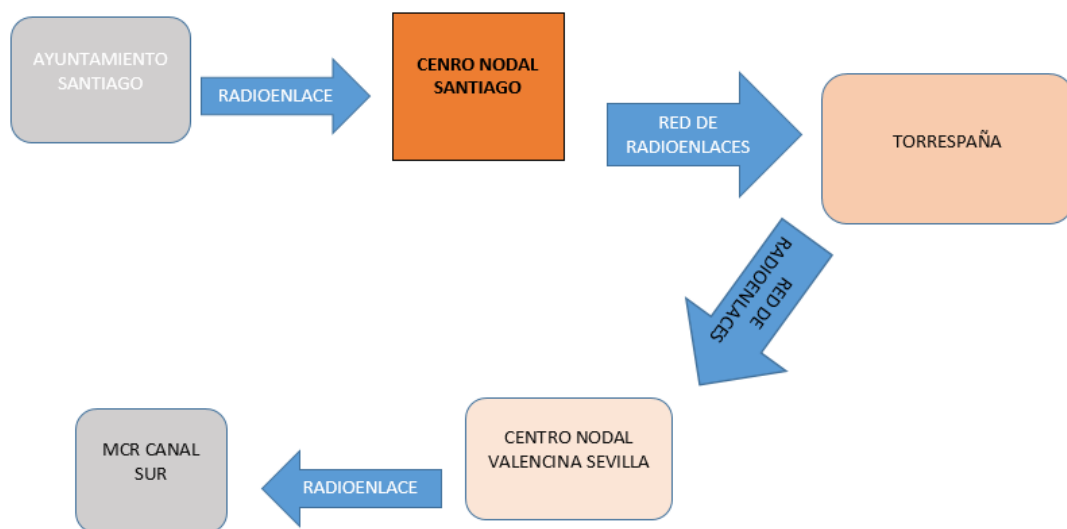


Fig.246 Señal del Ayuntamiento de Santiago reciba en MCR Canal Sur

Muchas ciudades en España que no cuentan con Centro Nodal se apoyan en su Estación Nodal, no solo para que ésta difunda la emisión de los canales nacionales, sino para emisión de las cadenas locales de radio y televisión. Son estaciones nodales de tránsito hacia el Centro Nodal que sea término de en esa línea de comunicaciones. Es el caso, por ejemplo, de la Valladolid y su Estación Nodal, que además de emitir la programación de las cadenas nacionales hace lo propio con la emisión de la cadena Radio Televisión castilla y León, emisora que no está adscrita a FORTA y por tanto no es parte de su Red.



Fig 247 Estación nodal de Valladolid

La emisión de la programación de las cadenas TDT, en todos los puntos de la red, suele estar redundada por satélite. El operador de red que proporciona el servicio de difusión a la entidad pública y a las sociedades privadas de televisión con cobertura en el ámbito estatal, tiene una estructura de red, como se puede ver en las siguientes figuras, que consta de la red de contribución desde estudios o desde el lugar en el que se producen los eventos hacia los Centro Nodales, el propio centro de cabeceras o Torrespaña, la red de distribución por radioenlace terrestre y satélite hasta los centros emisores, y la red de difusión desde los centros emisores hacia los receptores. Esta red utiliza, además, cabeceras territoriales o Estaciones Nodales, que admiten contribuciones desde los lugares en que se producen los eventos, que, a su vez, contribuyen hacia el centro de cabeceras Torrespaña.

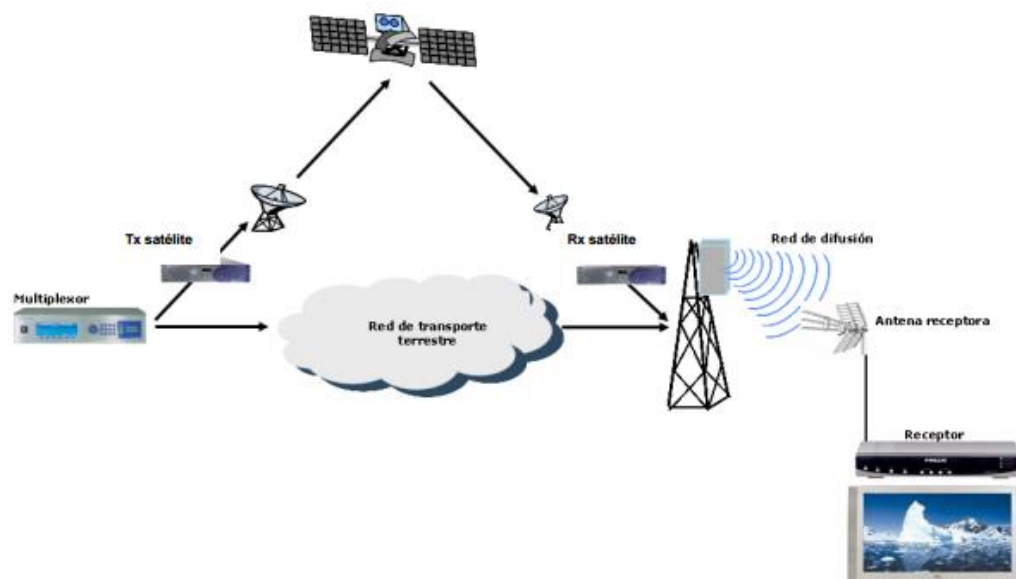


Fig.248 Combinación de tecnologías de transmisión para difusión de televisión

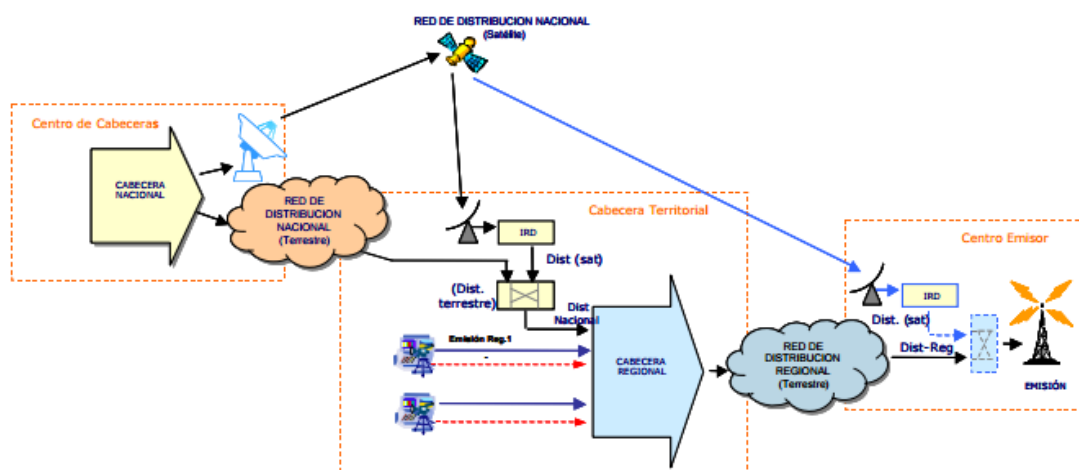


Fig. 249 Distribución de señal de televisión desde Cabecera hasta emisor

5. CONEXION DEL CENTRO NODAL PRINCIPAL O CABECERA DE RED CON LA ESTACION TERRENA.

Como se apuntó en su momento, el Centro Nodal se une con telepuertos o Estaciones terrenas, sean o no su de su propiedad y formen o no parte de en su Red, para recibir señales de satélite en bandas de frecuencia con las que se trabaje con poca asiduidad en el país, o señales de satélites alejados con poca huella y PIRE, que necesitan antenas de grandes dimensiones para su recepción, o señales de satélites de órbita inclinada.

Las estaciones terrenas, son complejos situados a cierta distancia de las ciudades en zonas despejadas que permitan una visión sin obstáculos de la bóveda celeste. En ellos, se instalan antenas de grandes dimensiones que contactan con satélites con débil huella, y en general antenas que reciben y transmiten a todo tipo de satélites, diferenciados por la banda de frecuencias con las que trabajan o por su posición orbital. Desde la Estación Terrena, se realizan, por consiguiente, tanto servicios de uplink como de recepción o downlink.

Las líneas que unen al Centro Nodal se dimensionarán en base al tráfico de señales que se prevea. Estas líneas, que puede ser tanto fibras ópticas como radioenlaces terrestres, tienen en su gran mayoría una configuración dúplex. La coordinación entre Centro Nodal y Estación Terrena es constante, ya que es imprescindible encaminar correctamente las señales de bajada por las líneas que unen a ambos entes, identificar con tiempo los servicios que se han de prestar, como identificación de programa, hora de recepción, tiempo de conexión y otros factores que son de importancia en una conexión vía satélite. Las incidencias que surjan tanto en la recepción como en la transmisión han de ser reportadas inmediatamente al Centro Nodal para que este la remita al cliente peticionario del servicio. Muchas de estas conexiones son señales en directo, que a su vez, van a ser emitidas por el broadcaster, por lo que es fundamental conocer el estado de la transmisión y recepción de la señal, para que en caso de incidencia sea posible una reorganización de la escaleta de contenidos del programa en caso de que la incidencia imposibiliten la emisión de la señal en cuestión.

La imagen nos muestra antenas de satélite en la Estación Terrena de Arganda



Fig.250 Estación terrena de Arganda

Hispasat, cuenta con varias Estaciones Terrenas de control distribuidas por Europa y América. Desde ellos, se gestionan satélites situados en las posiciones orbitales a 30° Oeste, 61° Oeste y 29° Este.

Los centros de control de estas estaciones llevan el control orbital de los satélites de su flota. Entre las funciones que llevan a cabo se encuentran recepción de telemetría, telecomando, envío de tonos para localización (ranging), cálculo de órbitas y planificación y ejecución de operaciones.

Estas Estaciones Terrenas, también realizan las funciones correspondientes como Centro de Operación de Redes, gestionando la capacidad satelital de la flota y dando servicio a los clientes tanto en uplink como en downlink, con monitorización de señales, detección de interferencias y resolución de incidencias. Igualmente, el Centro de Operación de Redes, realiza la operación de plataformas digitales para la prestación de servicios de Banda Ancha por satélite a grandes clientes y proveedores de servicios.

El Centro de Control principal está situado en la Estación Terrena de Arganda de Rey, si bien la corporación cuenta con otros centros en Tres Cantos, Las Palmas y Flamenco, así como en Maspalomas, Guaratiba, Balcarce y México.

La imagen nos muestra la Estación Terrena de Arganda.



Fig.251 Estación terrena de Arganda

Los Centros Nodales en Europa están conectados con sus respectivas Estaciones Terrenas. Por ejemplo el Centro Nodal de Londres, lo está con ña Estación Terrena de Goonhilly, el Centro Nodal de Lisboa con la Estación Terrena de Sintra y el Centro Nodal de Roma con la Estación Nodal de Fucino.

Las imágenes nos dan una idea de su capacidad (Goonhilly, Sintra, Fucino)



Fig.252 Estaciones terrenas de Goonhilly, Sintra y Fucino

6. OTROS CENTROS NODALES EN EL MUNDO

La configuración arquitectónica de un Centro Nodal tiene muchos puntos en común. Todos ellos, tratan en la medida de lo posible de posicionarse en zonas elevadas del terreno con el objetivo de tener una situación preponderante sobre la ciudad (Collserola/Barcelona) lo que no siempre es posible (Torrespaña/Madrid) para que tanto sus antenas de radioenlace como la antena de emisión, estén libres de obstáculos. En todo caso, para salvar posibles inconvenientes e interferencias, los Centros Nodales comparten un estilo tipo *pirulí* como coloquialmente se denomina a Torrespaña.

Las imágenes nos muestran varios Centros Nodales en Europa, América y Asia.

Nodal Toronto



Nodal de Tokio



Nodal Berlín



Nodal de Londres



Nodal Moscú



Nodal Kuala Lumpur



Como vemos la mayoría comparte la idea de un mástil de grandes dimensiones que eleva a la torre sobre las ciudades y permite una visión elevada sobre ellas, de tal manera que la ciudad ve también desde múltiples zonas de la misma su torre de comunicaciones. A su vez, la estructura de terrazas al final del mástil para ubicación de antenas de radioenlaces del sector fijo y móvil, es algo común en prácticamente todos los diseños arquitectónicos.

7. EL EJEMPLO DE FORTA

FORTA aglutina a la gran mayoría de las televisiones de España, a excepción de la RTV de Castilla y León y la Televisión de Extremadura. Es, decir, de Oeste a Este y de Norte a Sur, a las televisiones autonómicas YVG (Galicia) RTPA (Asturias) EITB (País Vasco) TV3 (Cataluña) IB3 (Islas Baleares) Televisión de Aragón, Televisión Murciana, Canal Sur (Andalucía), Televisión Canaria, Televisión de Castilla y la Mancha y Telemadrid.

Todas ellas, se conectan con sus respectivos Centros Nodales o Estaciones Nodales, Santiago (TVG), Oviedo/Gamoniteiro (RTPA) Sollube (Eitb) Collserola (TV3), La Muela (RTV de Aragón), Murcia (RTV Murciana), Valenciana (Canal

Sur) Aguimes (RTV Canaria) Toledo (RTV Castilla la Mancha) y Torrespaña (Telemadrid) mediante un determinado número de enlaces y fibras ópticas.

A su vez estos Centros Nodales y Estaciones nodales se conectan con el Nodal de FORTA en Madrid, también con un determinado número de circuitos bidireccionales, y con otros en una sola dirección, simplex, siendo estos últimos, generalmente, de entrada al Centro de Producción. Así, por ejemplo, el MCR de una de estas televisiones puede tener cuatro circuitos de entrada en la dirección FORTA-MCR y tres en la dirección contraria, MCR- FORTA.

Veamos un esquema que ilustra la conexión con los Centros Nodales y éstos con FORTA.

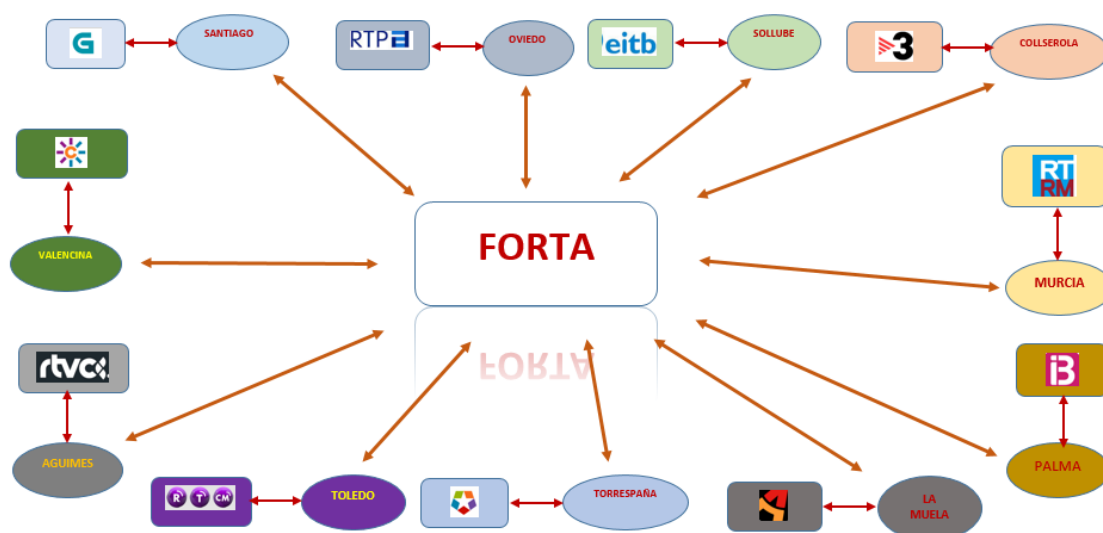


Fig 253 Televisiones Autonómicas, Centros nodales asociados a cada una y Nodal de FORTA

Esto permite a las televisiones asociadas intercambiar todo tipo de contenidos diariamente, ya que todos los circuitos que unen con los Nodales y con FORTA son permanentes por lo que están operativos 24/7

Así, es posible establecer varios intercambios de noticias a lo largo del día, intercambios de deportes, e intercambios de otros contenidos. Cada televisión aporta a las demás televisiones aquellas noticias que son de interés común. A las horas prefijadas FORTA inicia el servicio de intercambio, invitando a cada televisión a enviar el contenido, que habitualmente es imágenes en bruto, seleccionadas, con sonido ambiente y totales. El protocolo se inicia con el envío (play out) desde una determinada televisión del video que contiene las imágenes de la noticia. Esta señal llega a FORTA que la reenvía a todas aquellas televisiones interesadas en ella. La señal viaja por las redes de radioenlace (o fibra) que conectan el Nodal de FORTA con los respectivos Nodales geográficos



forta

federación de organismos de
radio y televisión autonómicos

INTERCAMBIO: 13:00

FECHA: 12 JUNIO 2009

| TEMAS DE INTERCAMBIO 13:00 | | | | | | |
|------------------------------|-------|-----------|-------------|----------------|-----------|----------------|
| JEMA | EMITE | LUGAR | INTERCAMBIO | LLEGADA | SOLICITUD | OBSERVACION |
| FACUA | CSUR | SEVILLA | | 14:04 | TODOS | |
| CHAVES | CSUR | ALGECIRAS | | 14:32 | TODOS | |
| COSPEDAL | CSUR | SEVILLA | | 14:09 | TODOS | |
| SEG. MARTA DEL CASTILLO | CSUR | SEVILLA | | ----- | TODOS | Envío 11:30 |
| SIERRA NEVADA | CSUR | GRANADA | | 14:22 | TODOS | |
| APUÑALADO DEFENDER DISCUSION | CSUR | JAEN | | 14:01 | TODOS | |
| BLOQUE ELECTORAL CIU | TVC | | | 14:18 | TODOS | |
| CADAVÉR TURISTA DESAPARECIDO | TVC | GIRONA | | ----- | TODOS | ENVÍO 11:30 |
| ZAPATERO | TLM | MADRID | | 14:35 | TODOS | |
| ENTRADAS AUDIENCIA NACIONAL | TLM | MADRID | | 14:37 | TODOS | |
| INFORME BBVA | TLM | MADRID | | 13:54 | TODOS | |
| COAG | TLM | MADRID | | ----- | TODOS | ANULADO |
| COLEGIOS GRIPE A | TLM | LEGANES | | 13:50 | TODOS | |
| PILOTO RUTA AIRFRANCE | TLM | MADRID | | 13:12 | TODOS | |
| TRINIDAD JIMENEZ | TLM | MADRID | | ----- | TODOS | EFE |
| RACC | TLM | MADRID | | ----- | TODOS | ANULADO |
| HOMENAJE MIGUEL RIOS | TLM | MADRID | | 13:18 | TODOS | |
| PREMIOS JAUME I | TVV | VALENCIA | | 14:25 | TODOS | |
| ESTUDIO CALIDAD SEMEN | TVV | ALICANTE | | 13:36 | TODOS | |
| DETENIDOS KALE BORROKA | ETB | VITORIA | | 13:08 | TODOS | |
| LOPEZ AGUILAR | TVPC | PLATO | | 14:07 | TODOS | |
| SEG. CASOS CORRUPCION | TVPC | LANZAROTE | | ----- | TODOS | aplazado |
| WILLY MEYER | CMT | TOLEDO | | 13:42 | TODOS | |
| OPEL | ARTV | ZARAGOZA | | ----- | TODOS | Envío 11:30 |
| CHICA VUELO AIRFRANCE | EPTV | MADRID | | 13:17 14:19 | TODOS | Foto pueblo |
| BOLSA | EPTV | MADRID | | 14:26 | TODOS | |
| CORBACHO | EPTV | MADRID | | 13:21 | TODOS | |

Fig 255 Intercambio de noticias de FORTA

CAPÍTULO CINCO: TRANSMISIONES POR FIBRA OPTICA

1. Comunicaciones por fibra óptica.

1.1 Evolución histórica.

Las comunicaciones usando la luz como portadora de información, tiene más de un siglo de vida. Fue precisamente Alexander Graham Bell, incluso antes de la invención del teléfono tradicional, el que dedujo que la luz compartía con la radio el hecho de que ambas fuentes eran poseedoras de energía electromagnética y que si la radio podía transportar información de un punto a otro, la luz debería poder hacer algo semejante.

En Abril de 1880, Bell junto a su ayudante Charles Summer Tainter, ideó un dispositivo al que denominó “fotófono”. Su intención era enviar mensajes de voz entre dos puntos sin usar ningún tipo de conector ni cable. Es decir, una comunicación inalámbrica usando la luz como portadora.

Bell se situó en su laboratorio con un teléfono como receptor último de la comunicación. Tainter se subió al tejado de la Escuela Franklin, situada a 213 metros y envió un mensaje de voz que decía que si Bell le escuchaba, y por tanto el experimento había sido un éxito, debía de saludar agitando su sombrero, como en realidad ocurrió.

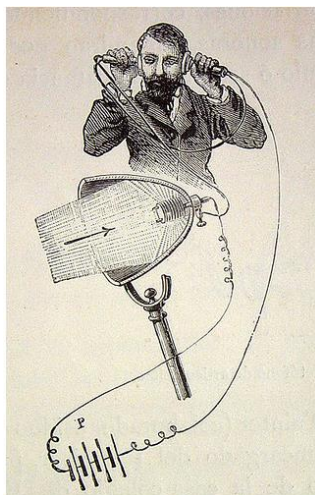
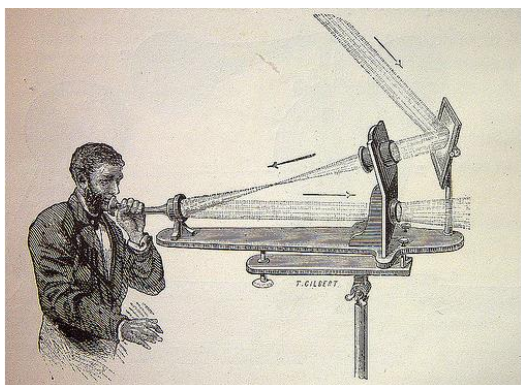
El fotófono utilizaba células cristalinas de selenio en el punto focal de su receptor parabólico. La resistencia eléctrica de este material es inversamente proporcional a la iluminación que incide sobre él, es decir, su resistencia es mayor en la oscuridad y más baja cuando está expuesto a la luz.

El funcionamiento del fotófono consistía en modular un haz de luz. La variación resultante de iluminación haría que el receptor indujese una resistencia variable correspondiente en las células de selenio, generando una señal eléctrica que era usada por un teléfono para reconstruir el sonido original capturado en el receptor.

La modulación del haz de luz transmitido era hecha por un espejo fabricado para vibrar con la voz de una persona: el delgado espejo alternaría entre formas cóncavas y convexas, centrando o dispersando la luz desde la fuente de luz. El fotófono funcionaba de forma similar al teléfono, a excepción de que el fotófono

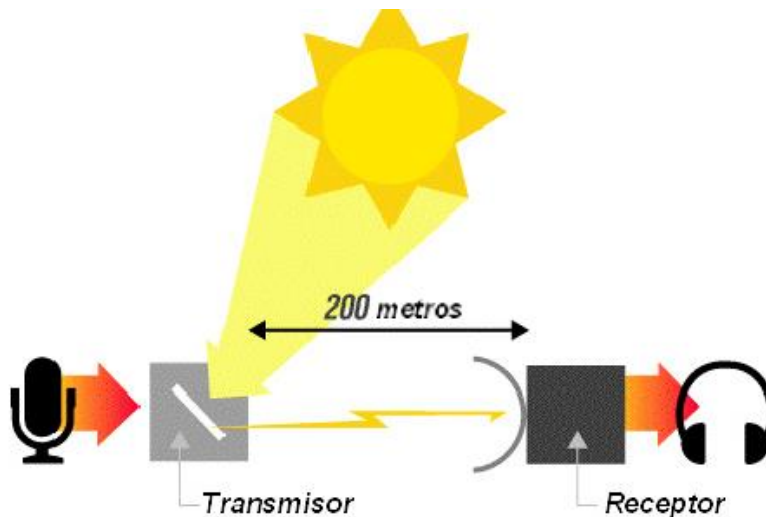
usaba la luz como portadora de información, mientras que el teléfono usaba una señal eléctrica modulada sobre un circuito conductivo cableado.

Por tanto, el sonido producido por la voz de Tainter, hacía vibrar la membrana en forma de espejo, que a su vez recibía la luz del sol, reflejándola y haciendo que fuese más o menos divergente hacia el receptor situado en el laboratorio de Bell. Este receptor era un espejo parabólico en cuyo centro se encontraba un detector de selenio, conectado a una batería y a un auricular, que era el que usaba Bell para escuchar a su asistente.



Tainter usando el fotófono, en su papel de emisor y Bell usando el fotófono en su papel de receptor.

Bell esperaba que el fotófono se utilizase como medio de transmisión entre los barcos y tierra, y entre las naves entre sí, pero el hecho de que no existiesen los medios adecuados como fuentes de luz que originasen el haz, así como las enormes pérdidas en la transmisión y los elementos atmosféricos interfirientes, como el viento, la lluvia, la nieve o la niebla, hicieron que el dispositivo cayese en el olvido.



Esquema del funcionamiento del fotófono.

Sin embargo no fue hasta la aparición del láser en el año 1960, cuando renació la idea de usar la luz como soporte para las comunicaciones fiables y como potente transmisora de flujos de información debido a la alta frecuencia de la portadora, que se sitúa en torno a los 10^{14} Hz, mucho más elevada que la utiliza en las trasmisiones vía satélite, que se mueven en una franja entre los 10^8 y 10^9 Hz.

Fue por tanto, en los años 60 cuando empezaron los estudios básicos sobre los procesos de modulación y detección de la luz, siendo en todo momento el láser, como fuente de luz coherente, monocromática, el punto de partida de todos ellos.

Los primeros experimentos coincidían con los problemas que surgieron en la experiencia del fotófono. La transmisión de luz por la atmósfera pusieron de manifiesto inconvenientes de manifiesta importancia, como la influencia de los fenómenos atmosféricos tales como la lluvia o la nieve, dando como resultado la poca fiabilidad del experimento.

A lo anterior, se sumaba la falta de un medio que ejerciese como guía de las ondas, evitando de cierta manera la influencia e interferencia de los fenómenos naturales. Así, el empleo de la fibra de vidrio como guía onda fue un primer paso muy alentador, entre otros motivos por su tamaño, peso y facilidad de manejo, así como por su flexibilidad y coste.

El principio físico aplicado consistía en que las fibras de vidrio permitían guiar la luz por su interior, mediante múltiples reflexiones de los rayos lumínicos, que se producían en el núcleo de la fibra.

Sin embargo, aun quedaban muchos obstáculos que salvar, entre ellos, las pérdidas que se producían en la transmisión. Los físicos Honbros y Debie efectuaron unos análisis teóricos en el año 1910, estudiando la propagación electromagnética en un medio dieléctrico cilíndrico. Este estudio aplicado a las fibras de vidrio disponibles en el año 1960, dio como resultado una pérdidas de varios miles de decibelios por kilómetro.

Pocos años después, se puso en evidencia que las pérdidas que la comunicación por fibras de vidrio, se debía a las impurezas surgidas en su fabricación, de lo que se deducía que era perfectamente factible su uso siempre y cuando se subsanaran los errores señalados.

Este importante descubrimiento que permitió que la ciencia y la industria continuaran con el proyecto de comunicaciones ópticas, se debió a Kao y Hockan y se manifestó a la comunidad científica en el año 1966.

Sin embargo, el problema de la atenuación de la señal no empezó a resolverse hasta principios de 1970 cuando varios experimentos de la compañía Corning Glass dieron como resultado fibras de vidrio con pérdidas de 20 dB por kilómetro. Estas fibras se construyeron con silicio dopado (1). Dos años más tarde se fabricaron fibras con núcleo líquido, reduciendo la atenuación a 8 dB por kilómetro. En 1973, se obtuvieron pérdidas de 4 dB/km con fibras de núcleo de SiO_2 de alta pureza. El dióxido de silicio le conocemos como sílice y que aparece en la naturaleza como cuarzo.

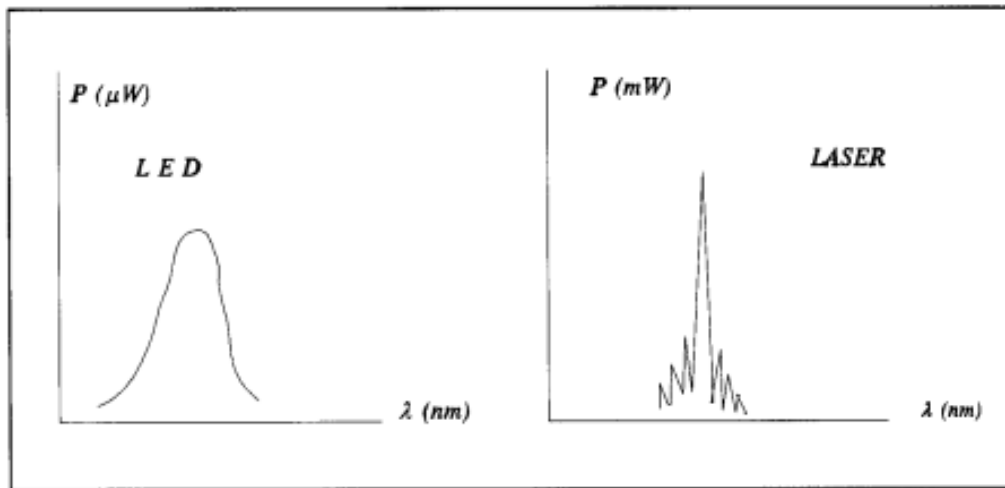
Fue entonces cuando la industria comenzó a investigar la manera de producir fuentes y detectores ópticos que se adecuaran a los patrones de tamaño y fiabilidad que se les exigiría a las comunicaciones ópticas. Anteriormente, en el año 1958, apareció un dispositivo para la producción de radiaciones electromagnéticas en las longitudes de onda del espectro visible, utilizando los estados energéticos de los átomos para producir, mediante cambios simultáneos de sus niveles, radiaciones electromagnéticas controladas. El aparato que se utilizó para tal fin se denominó LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) La principal característica de este emisor de luz, es que produce una luz coherente, monocromática, es decir cuyas ondas tienen la misma frecuencia y fase. Sin embargo, por comparación con otras fuentes de luz, como tungsteno o lámparas fluorescentes, éstas producen un espectro compuesto por distintas señales con distintas frecuencias y fases, así como distintas polarizaciones y amplitudes, luz a la que se denomina luz no coherente.

Por otro lado, los rayos emergentes del láser tienen trayectorias paralelas, lo que permite concentrar una alta cantidad de energía en superficies reducidas, como son las fibras de vidrio.

Con la llegada del láser como fuente de luz coherente, se consideró que era la mejor de las opciones para su uso en las comunicaciones ópticas.

En la década de los 70 se fabricó el primer láser de inyección y diodo LED de AlGaAs (2) capaz de operar de forma continua a temperatura ambiente, entre 20 y 25 grados centígrados, aunque con un gran inconveniente, ya que la vida operativa del dispositivo emisor de luz no superaba unas pocas horas por el enorme calor generado, a causa de la alta densidad de corriente que tenían que soportar, algo que los convertía en inviables para la industria. Afortunadamente este problema se subsanó y hoy en día los diodos láser tienen una vida media de 100.000 horas.

Es el momento de detenernos y hablar de los LED, Light-Emitting Diode o diodo emisor de luz, ya que en los principios de las comunicaciones ópticas fueron las fuentes de luz utilizadas, siendo posteriormente sustituidos por la luz láser, ya que esta última focaliza más la luz y tiene mayor alcance. Mientras el Dr. Kao trabajaba en sus experimentos que demostraron que la atenuación era producto de las impurezas detectadas en las fibras, Telefunken editó una patente sobre la utilización de un láser semiconductor acoplado a una fibra de vidrio y un fotodiodo para transmitir señales. El diodo láser (Láser Diode o LD) realizando la misma función que el LED, presentaba como ventaja sobre éste un diagrama de radiación más aceptable para las comunicaciones por ser más estrecho.



El diodo LED, diodo electroluminiscente, es capaz de generar impulsos luminosos que podrían servir de onda portadora de una información eléctrica, analógica o digital. Pero lo hace de una manera poco atractiva para la telecomunicación, ya que genera una luz que presenta un espectro de radiación muy amplio, cuando lo que se necesita, al menos teóricamente, como onda portadora para ser modulada por una señal es una frecuencia pura, que es lo que ofrece el láser.

Aun así, en 1971 se dio un notable pasó en la tecnología LED como fuente de luz incoherente, cuando C.A. Burrus desarrolló un dispositivo de pequeña superficie radiante, unos $50\ \mu\text{m}$ de diámetro, particularmente idóneo como fuente de luz en las comunicaciones por fibra óptica.

En el año 1976 se produjo un avance fundamental en la tecnología de las telecomunicaciones ópticas. Se consiguieron fibras con una atenuación por pérdidas de $0,47 \pm 0,1\ \text{dB/km}$ trabajando con longitudes de onda entre $1,3\ \mu\text{m}$ y $1,55\ \mu\text{m}$, que corresponden a frecuencias cercanas a al infrarrojo cercano y frecuencias cercanas a los 120 THz (Tera herzios. 1 Tera= 10^{12}) Estos datos estaban ya muy cerca del límite debidos a los factores intrínsecos de atenuación,

que introduce una pérdidas inversamente proporcionales a la cuarta potencia de longitud de onda. Poco después, se obtuvieron pérdidas de 0,2dB/km sobre fibras monomodo en $1,55 \mu\text{m}$. Estos logros se debieron a la contribución de los investigadores de la NTT y de Fujicura.

Pero surgió un problema importante, que fue que la dispersión en la región de las longitudes de onda de $1,55 \mu\text{m}$ es muy grande, lo que impedía el uso de láseres que trabajaban con esos parámetros, y que como hemos visto, conseguían resultados óptimos en lo referentes a la atenuación. Sin embargo, se predijo en 1975, que las fibras de SiO_2 presentaban una mínima dispersión en la zona de los $1,3 \mu\text{m}$, lo que posibilitaba las comunicaciones en esa región, por cuanto la dispersión del material de la fibra constituye un factor limitativo intrínseco.

La solución en ambos problemas, es decir tanto la dispersión como las pérdidas, dieron un empuje significativo a las comunicaciones por fibra óptica, fundamentalmente porque ambos permitían abordar elevadas velocidades de transmisión y largas distancias. Quedaba trabajar en la fabricación de detectores ópticos que fuesen aptos para longitudes de onda entre $1,3 \mu\text{m}$ y $1,6 \mu\text{m}$. El germanio era un material que reunía las condiciones exigidas, obteniendo un producto que aseguraba una ganancia y ancho de banda superior a los 60 GHz.

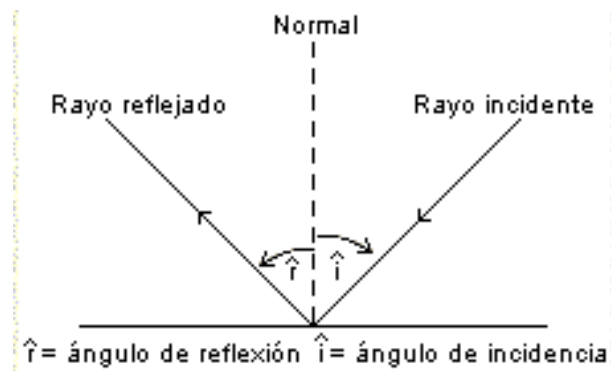
1.2 Funcionamiento teórico de las transmisiones por fibra óptica.

En primer lugar es conveniente detenernos en ciertos aspectos relacionados con las propiedades ópticas, máxime cuando la transmisión se basará en estos atributos.

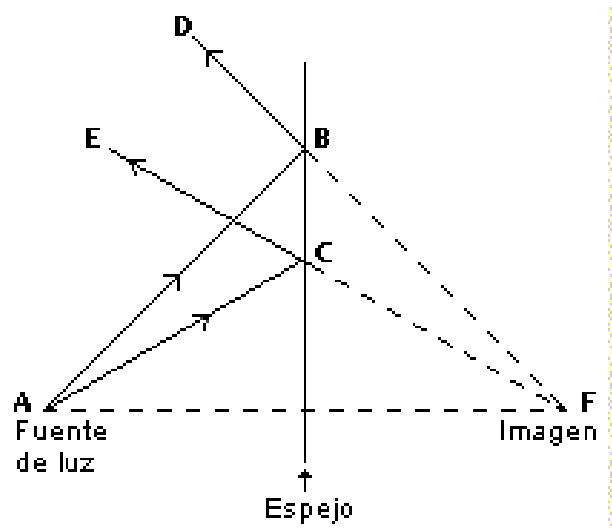
La velocidad de la luz en el vacío es de 300.000km/s, pero cuando se propaga en cualquier otro medio esta velocidad disminuye. De hecho cuando la luz pasa de propagarse en un cierto medio a otro, su velocidad cambia entrando en juego otro fenómeno físico, la reflexión.

Definimos la reflexión como el cambio de dirección de un rayo que ocurre en la superficie de separación de dos medios, de manera que el rayo regresa al medio inicial.

Dos son las principales propiedades de la reflexión. La primera dice que el rayo de luz, la perpendicular a la superficie de separación entre los dos medios y el rayo reflejado están el mismo plano. La segunda hace referencia los ángulos de incidencia y reflexión que son iguales.



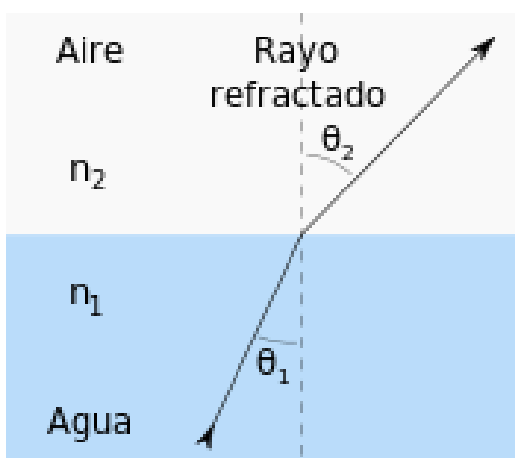
Reflexión de un rayo en la superficie de separación de dos medios.
Si la segunda superficie es lisa puede actuar como un espejo y producir una imagen reflejada, como se muestra en la siguiente figura.



En la figura la fuente de luz es el objeto *A* que emite rayos en todas las direcciones. Los dos rayos que inciden sobre el espejo en *B* y *C* se reflejan como rayos *BD* y *CE*. Para un observador situado delante del espejo, esos rayos parecen venir del punto *F* que está detrás del espejo, creándose la imagen virtual.

1.2.1 Refracción.

La refracción es el fenómeno que se presenta en un rayo sonoro o luminoso cuando incide oblicuamente sobre la superficie de separación de dos medios, y en virtud del cual el rayo cambia de dirección y velocidad.



Cuando un rayo luminoso incide sobre la superficie que separa dos medios, por

ejemplo el aire y el agua, parte de la luz incidente se refleja, mientras que la otra parte se refracta y penetra en el segundo medio. Aunque el fenómeno de la refracción se aplica fundamentalmente a las ondas luminosas los conceptos son aplicables a cualquier onda incluyendo las Se cumplen entonces las leyes deducidas por Huygens que rigen todo el movimiento ondulatorio, incluidas las ondas electromagnéticas. Ya hemos nombrados las dos primeras que hacen referencia a la reflexión. En cuanto a las leyes de Huygens referidas a la refracción, dicen que la velocidad de la luz depende del medio que atraviere, por lo que es más lenta cuanto más denso sea el material y viceversa. Por ello, cuando la luz pasa de un medio menos denso (aire) a otro más denso (cristal), el rayo de luz es refractado acercándose a la normal y por tanto, el ángulo de refracción será más pequeño que el ángulo de incidencia. Del mismo modo, si el rayo de luz pasa de un medio más denso a uno menos denso, será refractado alejándose de la normal y, por tanto, el ángulo de incidencia será menor que el de refracción.

Willebrord van Roijen Snell, importante matemático holandés, formuló una ley que se conoce como Ley de Snell en la que se afirma que el producto del índice de refracción del primer medio y el seno del ángulo de incidencia de un rayo es igual al producto del índice de refracción del segundo medio y el seno del ángulo de refracción.

De la figura deducimos, por tanto:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

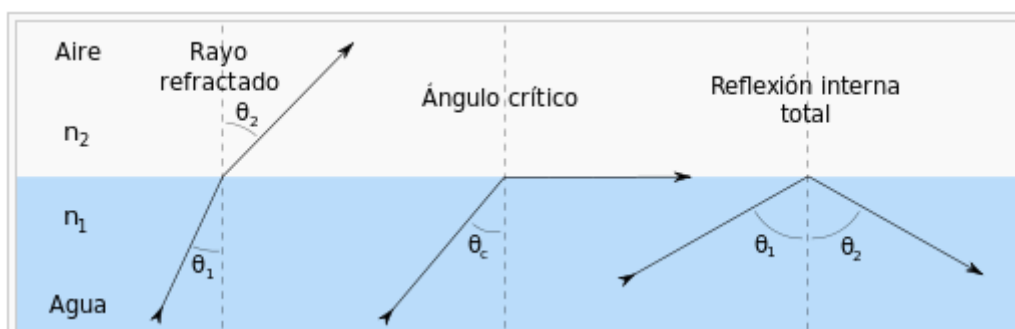
Entendemos por n_1 y n_2 los índices de refracción de cada uno de los dos medios dependientes de la velocidad con la que se propague la luz en cada uno de

los medios. El valor de cada índice de refracción se deduce del hecho de dividir la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en el medio o material en concreto,

$$n_1 = \frac{v_0}{v_2}$$

siendo v_0 la velocidad de la luz en el vacío y v_2 la velocidad de la luz en el medio material que se estudia.

Estudiemos el fenómeno de la **reflexión interna total**, que se produce cuando un rayo de luz va hacia un medio con un alto índice de refracción superior al del medio en el que se encuentra ese momento el rayo de luz, siendo incapaz de refractarse y produciéndose una completa reflexión, como vemos en la siguiente figura.



Para que se produzca este fenómeno es necesario que el ángulo de incidencia sea superior a un cierto valor crítico θ_c . Esta propiedad se aplica, por ejemplo, en los pentaprismas de las cámaras réflex y en los prismas de Schmidt-Pechan de utilización en los prismáticos.

El ángulo al que hacemos referencia, se denomina ángulo crítico o límite y se define como el mínimo ángulo de incidencia en el cual se produce la reflexión total.

Viene determinado por la siguiente ecuación:

$$\theta_c = \arcsen \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

siendo n_1 y n_2 los índices de refracción de ambos medios, con $n_2 < n_1$, condición indispensable para que se produzca el fenómeno de la reflexión interna total.

Como vemos en la figura, la determinación del valor del el ángulo crítico no es más que una aplicación de la Ley de Snell en la cual el ángulo de refracción es de 90° .

Si el ángulo de incidencia θ_i es mayor el el ángulo crítico θ_c

$$\theta_i > \theta_c$$

Se produce la reflexión interna total.

La importancia de este fenómeno físico la apreciamos en las comunicaciones por fibra óptica, ya que si la luz se encamina hacia el interior de la fibra con un ángulo de incidencia θ_i superior al ángulo límite o crítico θ_c , el haz siempre se reflejará de manera total y completa internamente, sin perder energía en una posible refracción en el material que envuelve al núcleo de la fibra. Para ello se ha de respetar la condición relativa a los índices de refracción de cada uno de los dos materiales con esta fabricada la fibra óptica, es decir, el correspondiente al revestimiento y al núcleo respectivamente.

De esta manera se guía la luz por el interior de la fibra de manera controlada sin pérdidas por refracción, pudiendo transmitirse a larga distancia reflejándose en su interior miles de veces.

Por tanto, la mecánica de funcionamiento de la fibra óptica precisa de un equipo transductor de ondas electromagnéticas en energía óptica o luminosa. Se trata del emisor o fotoemisor, dispositivos LED o Láser que transforman la señal en fuente lumínica, incidiendo en la fibra con el ángulo preciso para que se produzca la reflexión interna.

1.3 Capacidad de los sistemas de transmisión por fibra óptica.

Son varias las ventajas de las comunicaciones por fibra, principalmente por el elevado ancho de banda alcanzado, así como por las bajas pérdidas obtenidas en el enlace, sin olvidar que hay ciertas propiedades físicas propias de las fibras como su característica de medio dieléctrico inmune a las interferencias eléctricas.

1.3.1 *El ancho de banda.*

Las transmisiones por fibra abren la posibilidad de transmisión en frecuencias diez mil veces superiores a las que se utilizan en los enlaces por radio.

La capacidad potencial de información se incrementa de manera proporcional a la frecuencia, por lo que mediante el uso de fibras se hace posible transmitir a 10^{14} bits/segundo.

Si estudiamos la evolución de la capacidad de transporte de información en los sistemas de telecomunicación a lo largo del tiempo, observamos que en los anales de las primeras comunicaciones por telégrafo, hacia el año 1850, la capacidad alcanzaba una exigua tasa de 10 bits/seg.

Más tarde, la introducción de las primeras líneas telefónicas, en torno a principios del siglo XX, la capacidad estaba cerca de los 10^3 bit/s (es decir, 1 Kbit/s).

En los años 20, con el primer sistema de telefonía con portadoras, con 12 canales de voz en un par de hilos, la tasa alcanzó los 10^4 bit/sg.

La introducción del cable coaxial en los año 40, con 6.000 canales de voz, elevó la capacidad de información a la cantidad de 10^6 (es decir, 1Mbit/sg).

Más adelante, en la década de los 50, la introducción de los enlaces microondas con 1.800 canales de voz, posibilitó una capacidad algo superior a la anterior, situándose entre los 2 y 3 Mbit/sg.

En el final de los años 70 e inicios de los 80. La transmisión por cable coaxial y microondas con 32.000 canales de voz, elevó la capacidad hasta los 10^7 bits/sg (10 Mbit/sg)

Los satélites de comunicaciones trabajan en una franja cercana a los Gbit/sg, es decir 10^9 bits/sg.

Como vemos, todo elos anterior nos da una idea la capacidad de potencial de información del láser (10^{14} bits/sg, es decir 10 Tbit/sg)

Por otra parte, la atenuación de la señal en banda base en relación a la frecuencia, es un tema de máxima importancia al trabajar con elevadas frecuencias de transmisión.

Recordemos que banda base es usada para modular una portadora, recuperando la señal de banda base en el proceso de demodulación Por eso podemos decir que la banda base describe le estado de la señal previo a la

multiplexación y demodulación. Normalmente, por consiguiente, la banda base está en un rango de frecuencias inferior a las usadas en el proceso de transmisión una vez la señal ha sido modulada.

Pues bien, la respuesta de las fibras a la atenuación trabajando en banda base (10^5 MHz) en relación otros transmisores metálicos también en banda base, como el par de cobre (1 MHz) o el cable coaxial (1 Mhz). Hay que distinguir que las fibras denominadas de salto de índice (100 MHz) y las fibras multimodo de índice gradual (500 Mhz) y las fibras monomodo (100.000 MHz) que estudiaremos más adelante, tienen respuestas muy parecidas a la atenuación, moviéndose alrededor de 10 dB/Km. El Par de cobre se sitúa en los 100 dB/Km y el cable coaxial entre los 50 dB/Km y los 150 dB/Km en función del ancho del cable, siendo superior la atenuación en cables de menor sección.

1.3.2 Pérdidas, interferencias y resistencia.

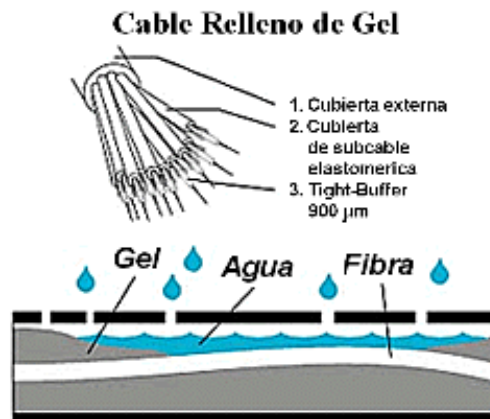
Las relativamente pequeñas pérdidas en las comunicaciones por fibra óptica, ha dado como resultado que los repetidores de fibra se hayan podido separar en la distancia si lo comparamos con los requisitos de amplificación requeridos en las comunicaciones por cables metálicos. Las pérdidas en fibra de 0,7dB/km a $1,3 \mu\text{m}$, permiten alcanzar distancias de hasta 161 km transmitiendo a 480Mb/s y de 200 km a velocidades en torno a los 90 Mb/s.

En cuanto a las posibles interferencias con otras señales exteriores, el hecho de utilizar medios transparentes para la propagación de las ondas electromagnéticas en forma de luz y por la configuración de sus campos electromagnéticos no ligados a voltajes convierte a las fibras ópticas en medios de comunicación inmunes a toda clase de interferencias, siendo poseedoras de

un completo aislamiento a las perturbaciones externas, actuando recíprocamente y no interactuando con otros medios de comunicación. El hecho de no precisar de voltajes eléctricos para la transmisión fue una de las principales razones para su uso en instalaciones en las cuales pudiese provocarse un accidente por recurrir a medios eléctricos proclives a producir interacciones con el medio (chispas) y provocar explosiones. Este el caso de la utilización en pozos petrolíferos o industrias químicas.

Por ello, las fibras ópticas ofrecen un total aislamiento eléctrico entre el transmisor y receptor, por lo que no se requiere una tierra común entre ambos, lo que permite reparaciones sin apagar los equipos de cabecera, además de posibilitar el tránsito por zonas de alta inducción sin riesgo de descargas eléctricas ni cortocircuitos.

S notable la resistencia al agua, a los hongos y a las emisiones ultravioletas en gran medida debido al material compacto y a la vez flexible, que compone la cubierta de las fibras ópticas. En su interior, la introducción de gel permite que el agua migre hacia los puntos de terminación, combatiendo la humedad con múltiples capas de protección alrededor de la fibra. El resultado de esta operación de protección es una vida útil más larga y una mayor confianza en las prestaciones de la comunicación en ambientes especialmente húmedos y adversos.



2. Tamaño de las fibras ópticas

Un cable de diez fibras ópticas puede tener un diámetro exterior de 8 a 10 mm, ofreciendo una capacidad de información que un cable coaxial, que con 10 tubos tiene un tamaño de 8cm, y precisando de menos repetidores que la transmisión coaxial. Esta diferencia de tamaño repercute en el peso y en la flexibilidad del cable, así como en la distancia aconsejable entre repetidores, siendo en la fibra de entre 2 y 5 kilómetros y en el cable coaxial entre 200 y 300 metros. Esta diferencia se aprecia en los tendidos de cableado en las producciones en el exterior, ya que la tirada de cable triaxial en los eventos se ve influenciada por la limitación del cable, siendo necesaria en muchas ocasiones la instalación de repetidores para llevar adecuadamente la señal de la cámara hasta la unidad móvil.

2.1 Materiales aplicados en la fabricación

El material empleado en la fabricación de fibras ópticas es muy abundante en la naturaleza, como es la sílice. Las fibras ópticas con núcleo de SiO_2 , sin dopantes, además son especialmente resistentes a las emisiones radioactivas.

Por otro lado, las fibras se comportan de manera estable en relación a las pérdidas en una franja de temperatura que va de los -60°C hasta los 80°C .

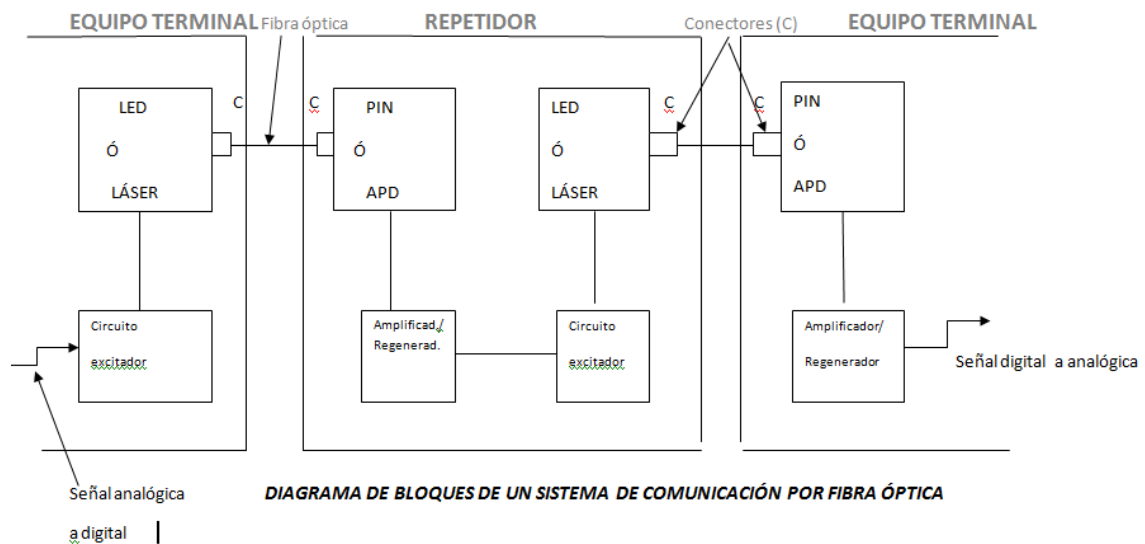
Por último, ofrecen un total aislamiento eléctrico entre el transmisor y el receptor lo que ofrece enormes ventajas a la hora del tendido de las mismas, ya que no es necesaria una tierra común entre el emisor y el receptor, pudiendo atravesar zonas con grandes inducciones sin peligro de descarga eléctrica ni de cortocircuitos.

3. Fuentes ópticas

Tanto en la zona de emisión como en la de recepción es imprescindible convertir la señal eléctrica en señal óptica, para guiar la transmisión por el interior de la fibra. Es decir, son necesarios transductores de electroópticos que realicen esta función.

Además estos equipos convertidores, a los que llamaremos fuentes ópticas, han de ser capaces de permitir una modulación a alta velocidad generando la máxima potencia posible además de mantenerse estables respecto a la temperatura.

El sistema de comunicación por fibra óptica se basa en el siguiente diagrama de bloques:



Las fuentes habitualmente empleadas son los láseres de semiconductor y los diodos electroluminiscentes, como vemos tanto en el equipo terminal primario, como en el equipo repetidor.

La señal analógica se convierte en un tren de pulsos digital y se guía por la fibra óptica. La necesidad de regenerar la señal, obliga a instalar Repetidores en diversos tramos de la conexión. En ellos, el diseño es muy similar al de conjunto. Los fotodiodos PIN ó de avalancha APD, que veremos más adelante, detectan la luz, la amplifican y regeneran, entregando la señal a un circuito excitador que mediante las correspondientes fuentes ópticas, LED ó Laser, vuelven a guiar la luz por la fibra hasta el Equipo Terminal, donde, de nuevo, los fotodetectores PIN o APD de avalancha detectan el tren de pulsos y tras su amplificación y regeneración, la señal se demodula digitalmente convirtiéndose en la señal analógica de origen transmitida hasta una cierta distancia mediante este sistema óptico.

Por tanto, al hablar de fuentes ópticas nos referimos a los dispositivos que convierten señales eléctricas en señales ópticas. En comunicación por fibras, hablamos de dos tipos de fuentes, los LED y los Láseres de semiconductor.

La emisión óptica radiada por ambas fuentes se obtiene a partir de huecos y/o electrones en una unión PN con una gran carga de polarización. Se denomina unión PN o P-N a la estructura fundamental de los semiconductores, principalmente diodos y transistores. Está formada por la unión de dos cristales, generalmente Silicio (Si), material base en la fabricación de las fibras ópticas, aunque también se fabrican de Germanio (Ge), de naturalezas P y N según su composición a nivel atómico. Estos tipos de cristal se obtienen al dopar cristales de metal puro, al que se conoce como metal o material intrínseco, con impurezas, normalmente con algún otro metal o compuesto químico. El fin que se persigue al dopar el material es cambiar sus propiedades eléctricas. A los semiconductores con dopajes ligeros y moderados, como es el caso del Silicio, se les denomina extrínsecos. El número de átomos dopados para crear una diferencia en las capacidades conductoras de un semiconductor es muy pequeño, del orden de 1 átomo por cada 10^8 átomos, por lo que se dice que el dopaje es ligero y se representa por P ó N. Sin embargo, cuando se agrega un átomo por cada 10^4 átomos se dice que el dopaje es alto o pesado y se representa por P+ para material del tipo P y con N+ para material del tipo N.

El Silicio extrínseco tipo P se obtiene, como hemos visto, llevado a cabo un dopaje ligero, sustituyendo algunos átomos del material intrínseco (silicio puro) por átomos con menos electrones de valencia, normalmente Boro, que tiene 3 electrones de valencia, siendo 4 los electrones de valencia del silicio. El propósito

es el de aumentar el número de cargas libres, en este caso positivas, denominadas huecos.

El Silicio extrínseco tipo N se obtiene de la similar forma, pero ahora añadiendo (dopando) con elementos pentavalentes, es decir que contengan 5 electrones en la capa de valencia, para de esta manera aumentar el número de cargas negativas libres. Normalmente en el caso del Silicio, los elementos dopantes pentavalentes utilizados en el dopaje son fósforo (P), Arsénico (As) y antimonio (Sb), que como veremos son elementos utilizados en tanto en las fuentes ópticas como en los fotodetectores.

3.1 Diodos electroluminiscentes (LED) y Láseres.

Como hemos visto en el esquema, la información a transmitir, video o audio, o ambos a la vez, o datos informáticos, llega a un codificador que convierte la señal en datos digitales o pulsos digitales, pasando a continuación a la fuente óptica trasmisora, LED o láser que la enruta al interior de la fibra hasta su destino, donde un detector de luz la recibe, para posteriormente ser convertida a pulsos que serán decodificados para recuperar la señal original.

En transmisiones de corta distancia se usa un LED que emite un haz de luz infrarroja de baja intensidad. Para transmisiones de larga distancia se hace uso de láser que se conmuta a una velocidad de transmisión mucho más alta, emitiendo una luz coherente y mayor potencia.

Los materiales empleados en las fuentes ópticas son una combinación de indio, galio, arsénico y fósforo y aluminio. Seleccionado las proporciones de dichos elementos es posible controlar la longitud de onda de emisión en el margen de 950 a 1650 nm. Si se ajustan convenientemente las proporciones de galio,

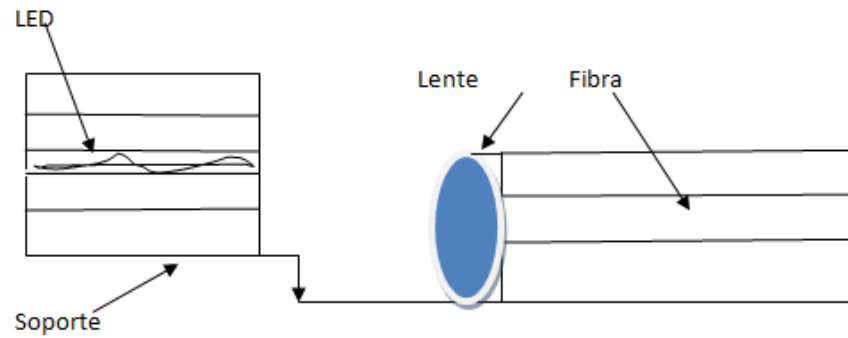
aluminio y arsénico obtenemos un compuesto esencial en la fabricación de las fuentes ópticas, el Arseniuro de galio-aluminio, GaAlAs, con lo que es posible obtener longitudes de onda aún menores, entre 750 y 900 nm.

○3.1.1 LED tipo Burrus y Dawson o de superficie

Debe su nombre a sus creadores, Burrus y Dawson. Se utilizan en transmisiones por fibra ópticas tipo multimodo, de la que hablaremos más adelante. Son LED de emisión por superficie, siendo esta denominación debida a que obtiene su alta radiación limitando su emisión a una pequeña área de la superficie del chip, con la ayuda de un pequeño contacto del tipo P. La luz se obtiene por medio de un substrato de tipo N.

Su composición es básicamente la de la mayoría de las fuentes ópticas y fotodetectores, es decir, aleaciones de Galio, Arsénico y Aluminio.

Es importante señalar que no es conveniente ni práctico fabricar emisores tipo LED con superficies mayores que el núcleo de la fibra a la que se acoplan, siendo el rendimiento de acoplamiento proporcionalmente superior cuanto menor es la superficie de emisión del LED. El acoplamiento entre el LED y la fibra puede ser más efectivo si se instalan lentes en la superficie de emisión, e incluso si estas lentes se montan en la fibra.



Acoplamiento del emisor LED a la fibra mediante una lente

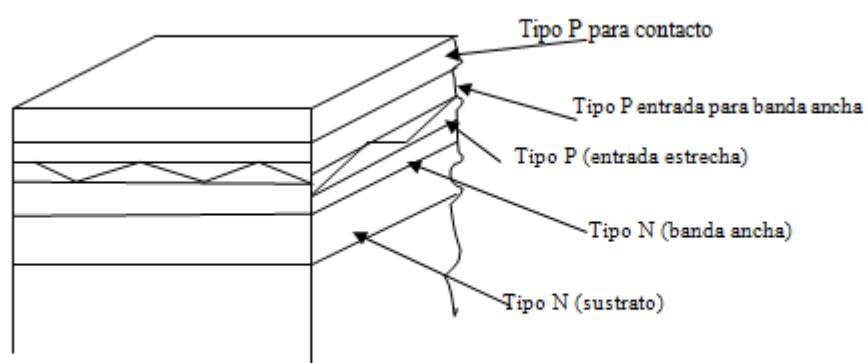
Los LED de superficie tipo Burrus y Dawson proporcionan una superficie de emisión de aproximadamente $50\mu\text{m}$ de diámetro, que se ajustan perfectamente con fibras cuyo núcleo está en ese mismo tamaño.

3.1.2 LED's de emisión por esquina (ELED)

Estos tipo de LED's aumentan significativamente la luz que emiten en la unión con la fibra óptica, con la ayuda de la estructura DH o heteroestructura en la que sustentan.

Una heteroestructura DH es una configuración de capas tipo P y tipo N con diversas y diferentes aleaciones de elementos semiconductores, fundamentalmente Galio, Aluminio, Fosforo e Indio.

| | MATERIAL | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tipo de capa | 0,8-0,9 μm | 1,2-1,6 μm |
| Tipo P (para contacto) | GaAs | InGaAs |
| Tipo P(entrada de banda ancha) | GaAlAs | InP |
| Tipo P (entrada estrecha) | GaAs | InGaAsP |
| Tipo N (entrada de banda ancha) | GaAlAs | InP |
| Tipo N (sustrato) | GaAs | InP |



Configuración en heteroestructura DH para fabricación de LED y láseres para comunicaciones ópticas

GaAs = Arseniuro de galio

InGaAs = Arseniuro de galio-indio

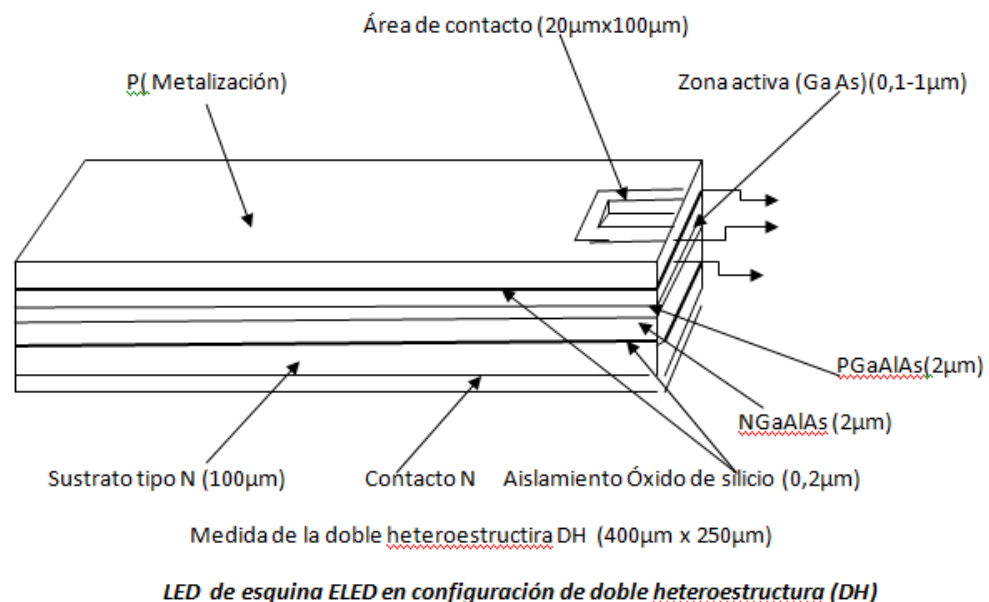
GaAlAs= Arseniuro de galio-aluminio

InP = Fosfuro de indio

InGaAsP = Fosfuro de indio-galio-arsénico

Como vemos en la tabla, las diferentes aleaciones de elementos configuran distintas longitudes de onda y por tanto distintas frecuencias de trabajo.

Si se utiliza un contacto con la fibra ranurado, se consigue una eficacia mayor a la hora de guiar la luz hacia el interior de la fibra. Son los ELED de doble heteroestructura, como vemos en la siguiente figura:



La señal radiada por los ELED es más direccional que la de los LED tipo Burrus, lo que implica una pérdida mucho menor en el área de acoplamiento con la fibra.

Una importante limitación en la velocidad de modulación en las fuentes LED es el tiempo de vida de los elementos portadores en la zona de unión. Depende del grado de dopado en la zona de unión activa, entre otros factores. Una mayor velocidad de modulación (ancho de banda) está en contra de una

mayor potencia óptica (mW) emitida por el LED. Anchos de banda de 10 a 50 Mhz se consiguen con relativa facilidad , aunque se trabaja en registro en torno a los 1,3 GHz de ancho.

La siguiente tabla muestra las principales propiedades de los dispositivos LED, en función de los elementos presentes en su constitución, Ga(Galio) Al (Aluminio) y As (Arsénico), o In(Indio) Ga, Al, As, P(Fósforo)

| Material | GaAlAs Arseniuro de galio- aluminio | InGaAsP Fosfuro de indio-galio- arsénico |
|------------------------------|--|---|
| Longitud de onda | 750-900 nm | 950-1600 nm |
| Potencia emitida | 1 mW | 1mW |
| Anchura espectral | 30-50 nm | 70-110 nm |
| Anchura de banda | 10-100 Mhz | 10-100 MHz |
| Potencia acoplada a la fibra | 0,02-0,01 mW | 0,02-0,01 mW |
| Tº de operación | 0 – 60 ° C | 0-60º C |
| Aplicaciones con fibra | Multimodo | Multimodo |
| Tiempo de vida | $10^6 - 10^7$ horas | $10^6 - 10^7$ horas |

Características de los diodos luminiscentes LED para comunicaciones por fibra óptica.



LED infrarrojo



Fotodiodo
GaAlAs

Fotodiodos LED de infrarrojo y de composición GaAlAs

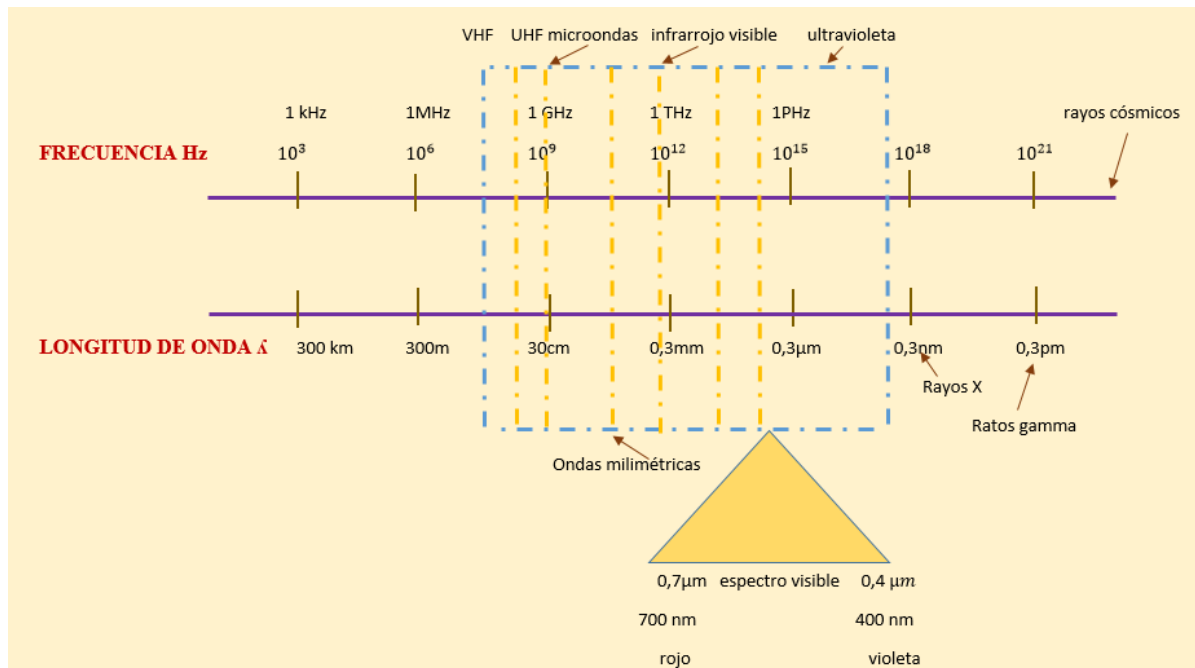
3.2 Los diodos Láser

El diodo láser es un diodo que emite radiación coherente. Su estructura es similar a la de un LED, y de hecho bajo ciertas circunstancias se comporta como un LED.

Existen varios tipos de láseres empleados en las comunicaciones por fibra, como son los láseres de unión, los de heteroestructura (SH), los de doble heteroestructura (DH) y los de geometría ranurada, que son una subcategoría de los anteriores.

En realidad, en las comunicaciones ópticas se trabaja con láseres fabricados a partir de compuestos de la tabla de la familia III-V que ya hemos visto, es decir, Galio, Germanio (ge) Selenio (Se), Indio (In), Estramonio (Sb) y

P (Fósforo), fundamentalmente, que emiten en la zona del infrarrojo próximo, entre 2,7 a 30 μ m, ocupando un lugar cercano a la luz visible, como vemos en la siguiente figura.

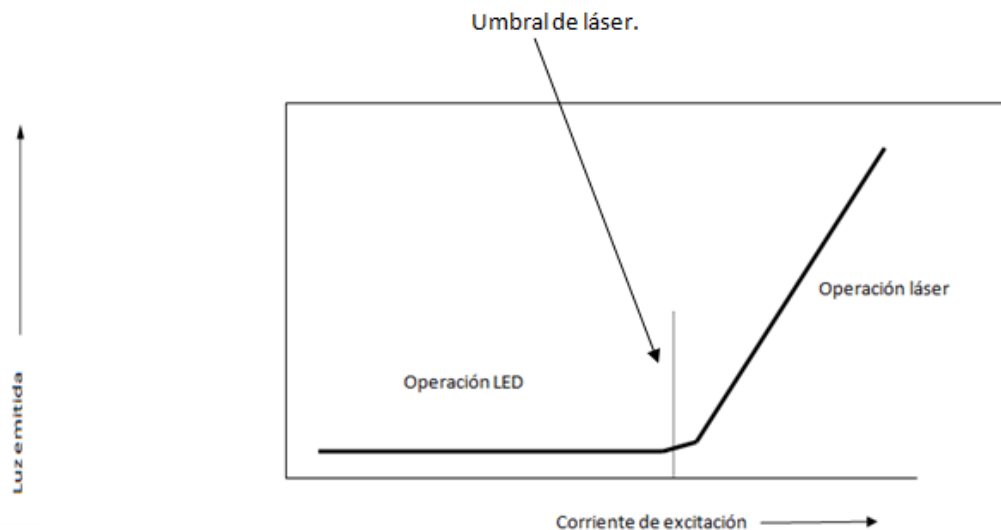


Espectro visible en el espectro radioeléctrico

El diodo láser es un diodo que emite radiación coherente. La radiación luminosa está constituida por ondas electromagnéticas, cuya longitud de onda está comprendida entre 400 y 800nm, como podemos observar en la figura anterior. La superposición de dos o más ondas genera interferencias, ya que las ondas se suman o se restan, es decir tienen diferente fase, produciendo con este fenómeno distintas intensidades. Este tipo de radiación de lumínica se le denomina luz incoherente.

Sin embargo, en una radiación de luz coherente todas las ondas emitidas tienen la misma longitud de onda y la misma orientación. Los fotones tienen la misma energía e impulso. Esta luz coherente, monocromática, al tener todas las ondas la misma longitud de onda, se presta perfectamente a procedimientos de amplificación que son aprovechados en los diodos láser.

La estructura del diodo láser es similar a la del LED, y de hecho, puede actuar como tal en determinadas condiciones. El láser necesita una cavidad resonante, en la que la corriente de polarización produce una oscilación en la cavidad lo que da lugar a una amplificación estimulada.



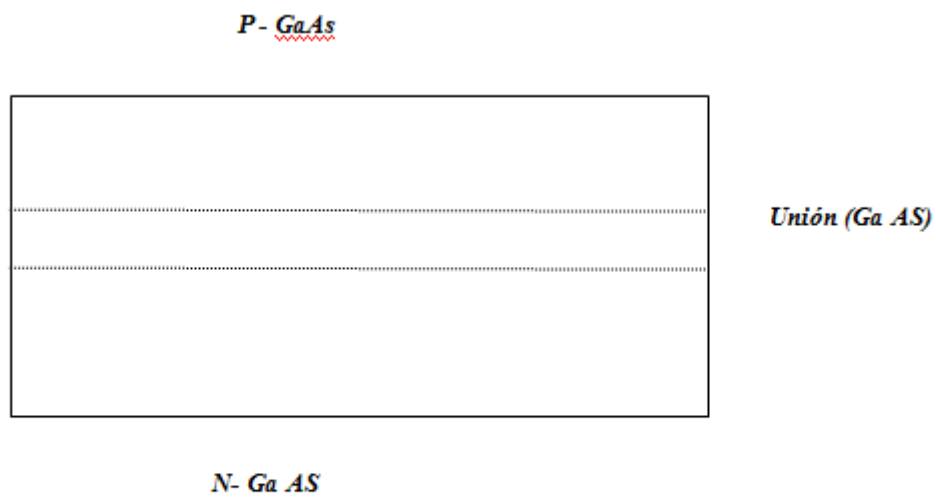
Curva característica de un diodo láser.

Como vemos en el anterior gráfico por encima de un punto, llamado umbral de láser, que marca la línea horizontal en el codo de la curva, el LED se comporta como láser, siendo la luz emitida (que se sitúa en el eje Y) de una importante amplificación.

3.2.1 Tipos de Láseres

3.2.1.1 Láseres de unión.

Su diseño consiste en un potente semiconductor, normalmente GaAS, con dopantes diferentes de tipo P y de tipo N. La unión es el interface de ambas zonas dopadas.

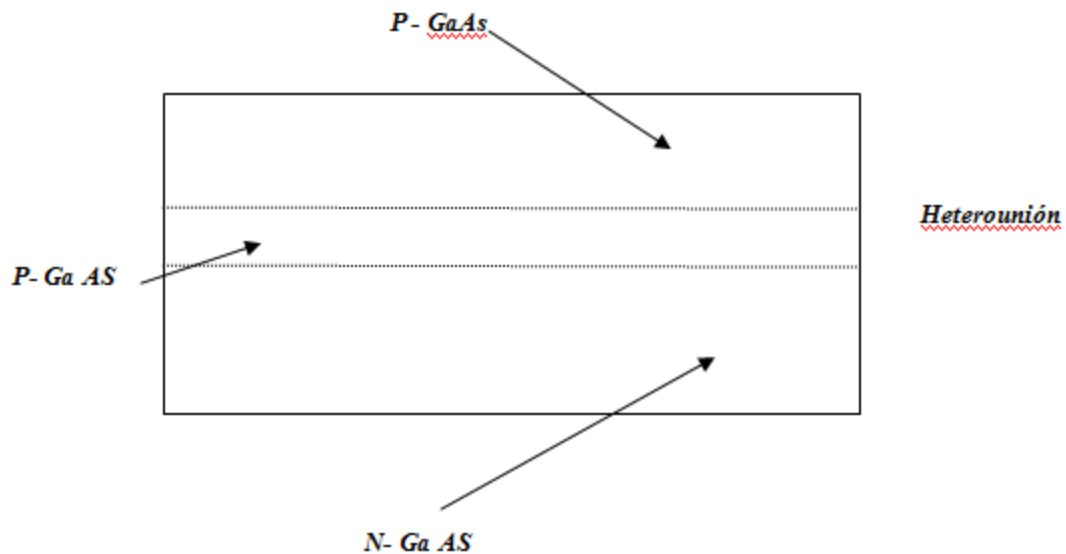


Configuración láser de unión.

Este láser llamado también laser de semiconductor homounión, fue uno de los primeros en fabricarse.

3.2.1.2 Láseres de heteroestructura (SH)

En este caso la zona activa está situada entre dos bloques semiconductores de distinta composición.



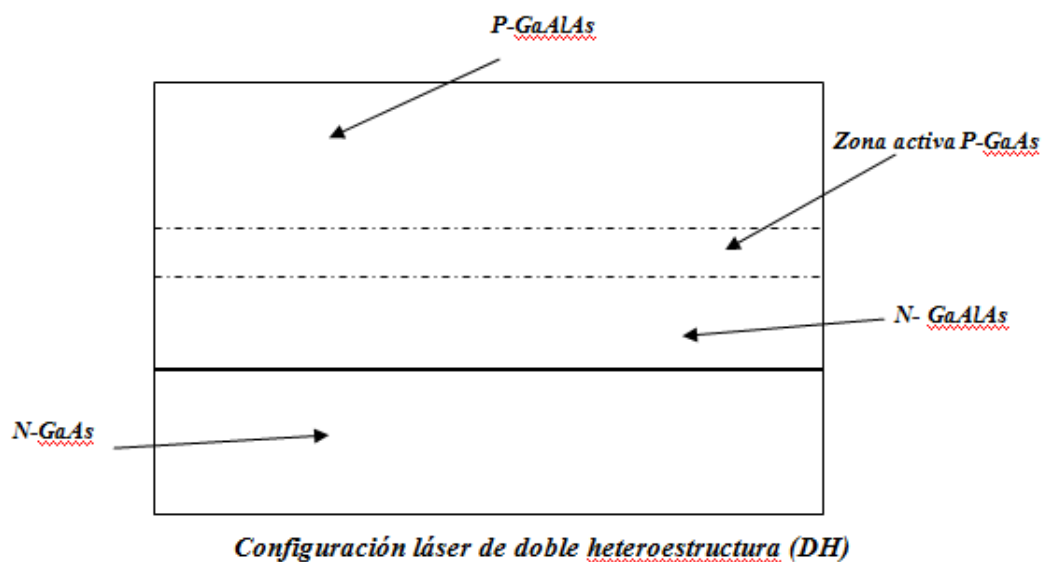
Configuración láser de heterounión simple o SH

La región activa es de GaAs emitiendo una longitud de onda de 904nm. Estas estructuras se emplean para generar impulsos de alta potencia, sin embargo son poco eficientes al necesitar umbrales de polarización altos y no ser estables en modo continuo, algo absolutamente incompatible con las comunicaciones por fibra óptica que necesitan estabilidad en la emisión del láser.

3.2.1.3 Láseres de doble heteroestructura (DH)

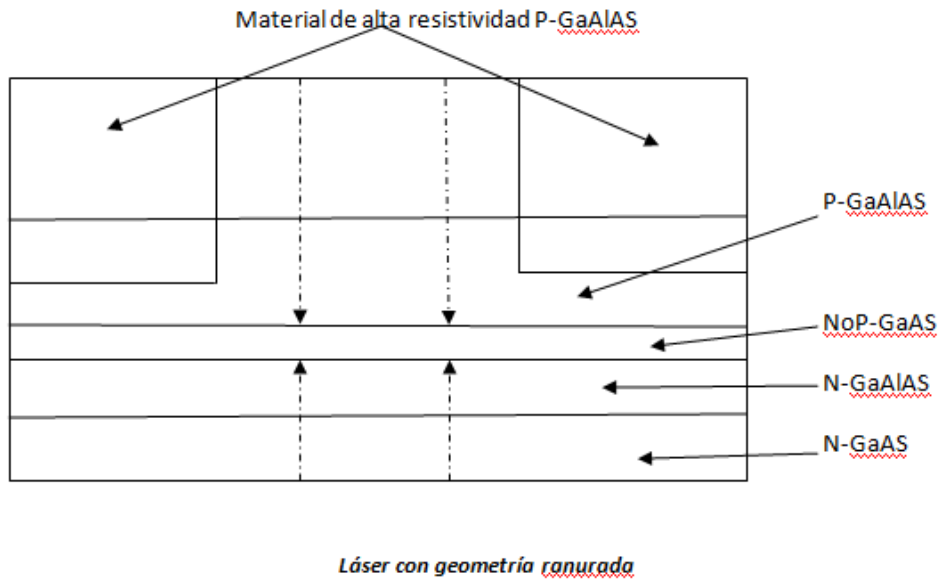
En este tipo de láser, la zona activa está flaqueada por compuestos semiconductores diferentes a los de la propia zona activa, algo que no ocurría en los láseres de unión y en de heteroestructura simple (SH)

En los láseres de doble heteroestructura, las zonas que rodean la zona activa están compuestas por GaAlAs e la zona dopada tipo P y por GaAs y GaAlAs en la zona dopada tipo N.



Estos láseres si trabajan en modo continuo y son los que se utilizan en comunicaciones por fibra óptica. No generan picos de potencia, por lo que la estabilidad es su esencia principal, ofreciendo excelentes prestaciones a temperatura ambiente, 20-25°C, ofreciendo niveles de potencia del orden de los miliwatios (mW)

○3.2.1.4 Láseres con geometría ranurada.



Se trata de una división de los láseres de doble heteroestructura, DH, que hemos visto anteriormente. En los láseres de geometría ranurada la emisión de luz se aísla en una estrecha ranura situada en el dispositivo óptico. Las dimensiones de esta ranura oscilan entre 1 y 10 μm , en comparación con los cerca de 50 μm de los láseres DH.

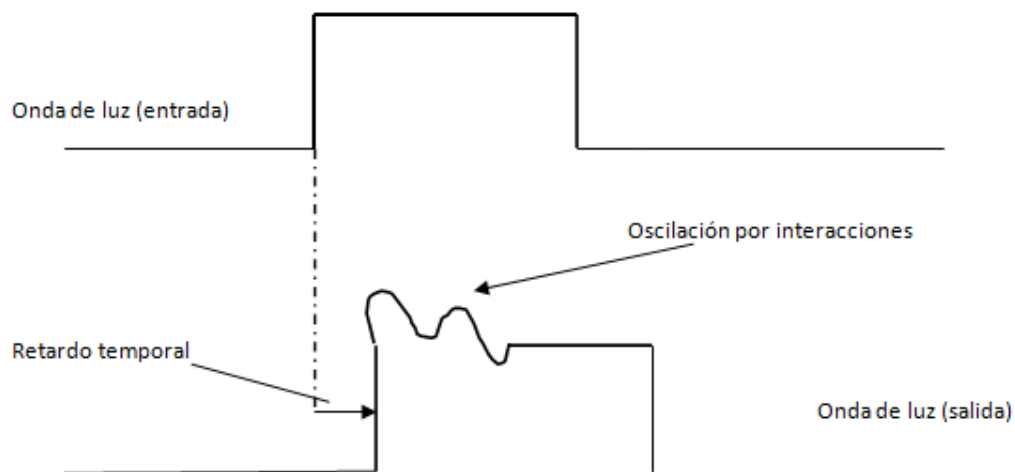
La propiedad principal de este tipo de láseres es la limitación en el número de modos en los que el láser puede actuar, convirtiéndolo un láser óptimo para trabajar con las fibras monomodo.

Los láseres de geometría ranurada tienen la particularidad de ofrecer emisiones de onda continua, aunque esta emisión puede modularse a altas velocidades de transferencia con solo variar la corriente polarización.

La velocidad de modulación se ve condicionada en gran medida por dos factores de suma importancia: la disipación de potencia y la necesidad de evitar interferencias entre impulsos sucesivos. En este sentido, dos son también los efectos a tener en consideración:

1) el retardo en la respuesta del láser al impulso eléctrico

2) Las oscilaciones originadas por las interacciones entre portadoras y fotones en la cavidad del láser, lo que da como resultado una onda (pulso) de salida distinta al de entrada.



Efectos limitadores de la velocidad de modulación en los láser DH

Los efectos de atenuación en los niveles de potencia que ejerce la temperatura sobre los diodos láser, obliga a añadir al dispositivo óptico un circuito que varíe la corriente de polarización, para mantener un nivel constante de potencia óptica, o bien conseguir mantener al láser en un ambiente de temperatura estable, mediante células fotoeléctricas.

Por tanto, en los láseres utilizados en comunicaciones por fibra óptica, en los que las velocidades de modulación suelen ser muy elevadas, factores como la temperatura y la potencia emitida son determinantes en las variaciones del espectro de emisión de la luz guiada por el interior de la fibra. La influencia de la temperatura es más importante que el nivel de potencia, y puede cifrarse en 0,25nm por °C de cambio térmico en láseres de configuración GaAlAs y hasta de 0,5nm por °C en los de configuración InGaAsP. Estos datos aconsejan, por consiguiente, la estabilización térmica para evitar importantes desajustes en las longitudes de onda de la luz de emisión.

| <i>Material</i> | <i>GaAlAs</i> | <i>InGaAsP</i> |
|--|--|--|
| Longitud de onda | 750-900nm | 950-1050nm |
| Precisión en la determinación de la longitud de onda | ±20nm | ±30nm |
| Potencia media | 5-20 mW | 5-20 mW |
| Anchura espectral | 0,1-4nm | 0,1-6nm |
| Estabilidad de la emisión | 0,25nm/°C | 0,50nm/°C |
| Corriente umbral | 80-150mA | 30-100mA |
| Anchura de banda típica | 0,5-2GHz | 0,5-2GHz |
| Tipo de fibra | Multimodo | Multimodo y Monomodo |
| Tiempo de vida | 10 ⁵ -10 ⁶ horas | 10 ⁵ -10 ⁶ horas |

Principales cualidades ópticas de los diodos láser utilizados para comunicaciones por fibra óptica

Para finalizar, reseñar que los principales errores generados en las emisiones por láser se deben fundamentalmente a los siguientes factores:

- Defectos en el cristal, que producen líneas oscuras en las que la región activa no emite luz, y por consiguiente la conversión de señal

eléctrica a óptica no se efectúa ni en su totalidad, y por tanto, correctamente. Estas líneas oscuras presentes en el cristal van aumentando de tamaño progresivamente en el tiempo, inutilizando el diodo.

- b) Defectos de fabricación y soldadura en el dispositivo eléctrico que está conectado al chip del láser, lo que impide una correcta transformación de señal eléctrica a óptica.
- c) Degradación en el dispositivo óptico por la utilización de una potencia excesiva de emisión, siendo el umbral de deterioro la aplicación de una potencia igual o superior a 10^6W/cm^2
- d) Daños en el láser por oxidación y por defectos originados por la luz generada y emitida en el diodo.



Diodo láser con refrigeración conductiva a 25°C



Diodos láser superluminiscentes



Láser de bombeo con regulación de temperatura utilizado en WDM

4. Detectores ópticos

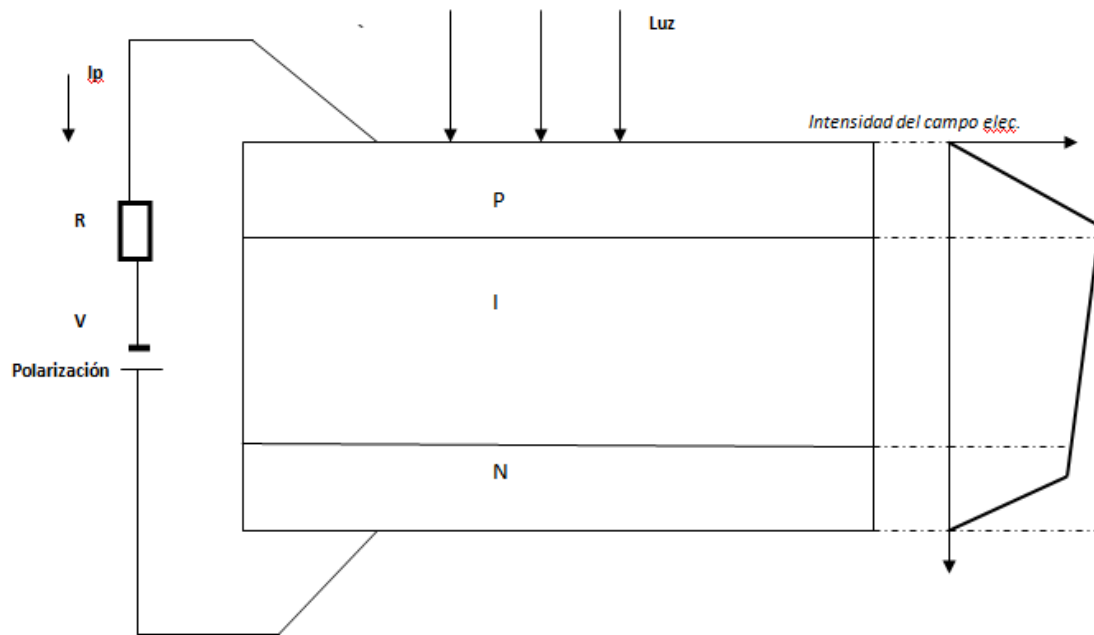
La eficacia cuántica del fotodetector está condicionada por la elección del material de fabricación. En la región de 800-900 nm se usan detectores de silicio, los que operan en las longitudes de onda de 1300nm emplean fotodiodos de germanio y en la tercera ventana, en la de los 1550nm, se emplean los materiales GaAsP, es decir galio, arsénico y fósforo.

Se emplean dos tipos de fotodetectores, los denominados PIN y los APD o fotodiodos de avalancha.

4.1 Fotodetectores PIN.

Reciben su nombre de su composición, la unión de P con N y la intercalación de material intrínseco I, que se trata de un material de baja impureza. La elección del material de composición es determinante en cuanto su capacidad cuántica, siendo los de silicio los que trabajan en la primera ventana entre 800 y 1100 nm. Los que operan en la segunda ventana, en los 1300nm, tienen al germanio como componente fundamental y los de la tercera ventana, es decir en la región de los 1550 nm, son fotodiodos de compuestos InGaAsP (Fosfuro de indio-galio-arsénico)

Las prestaciones del fotodectetor PIN se ven claramente mejoradas con la introducción del material intrínseco (I), en relación con las estructuras diseñadas en las dos zonas ya conocidas, P y N.



Fotodiodo detector tipo PIN



Detector PIN InGaAS (arseniuro de galio-arsénico) respuesta espectral $\lambda=0,9-1,7\mu\text{m}$

La relación entre la fotocorriente captada por el detector PIN y la tensión de polarización, genera dos situaciones de interés:

- 1) Con una elevada polarización la fotocorriente se ve incrementada por un efecto multiplicativo llamado de avalancha

que veremos posteriormente. La consecuencia es una ganancia en corriente.

- 2) Cuando no se detecta luz en el diodo PIN, se origina una corriente de oscuridad, parásita, cuyo nivel de ruido puede llegar a ser el efecto dominante.

4.2 Fotodiodos de avalancha APD

Son detectores P – N que se alimentan en sentido inverso a altos voltajes entre 40 y 400 voltios frente a los detectores PIN que operan a 8 o 10 voltios, y producen un gran efecto multiplicador debido a que los electrones fuertemente acelerados producen por choque con los átomos del material nuevos electrones libres que a su vez multiplican el efecto. Un solo electrón acelerado puede dar lugar a 100 electrones secundarios por efecto de avalancha o cascada, de ahí su nombre. Las respuestas en los fotodiodos ordinarios PIN generan corrientes eléctricas entre 0,5 y 0,8 amperios/watio, y en los de avalancha entre 25 y 100 amperios/watio.



Fotodetectores APD de avalancha de Arseniuro de indio-galio (InGaAS) con un respuesta espectral de $\lambda = 0,9-1,7\mu\text{m}$

El APD es más sensible que el diodo PIN, pero su nivel de ruido también es mayor. Los hay de diversa composición:

4.3 Fotodiodos APD de silicio

Son fotodetectores que operan en la región de los 800-900 nm, con un ancho de banda de 1GHz, ofreciendo una conversión luz-señal eléctrica de muy bajo ruido, con un alto rendimiento cercano al 90%.

4.4 Fotodiodos APD de germanio.

Su rendimiento es inferior a los anteriores, trabajado en la segunda ventana, entre los 1000 y los 1600nm. La sensibilidad del fotodiodo receptor es peor que los APD de silicio, cuantificándose en una disminución de ganancia de señal cifrada en 10dB.

La corriente de oscuridad es la principal causa de ruido en este tipo de detectores, duplicándose cada 8°K, lo que viene a confirmar la estrecha relación entre la sensibilidad del fotocaptador y la temperatura..

A 20°C pueden considerarse valores significativos de sensibilidad los siguientes datos:

| Velocidad de transmisión | Valor de sensibilidad | Temperatura |
|--------------------------|-----------------------|-------------|
| 34 Mb/s | -44,3 dB | 20°C |
| 140 Mb/s | -40 dB | 20°C |
| 400 Mb/s | -36 dB | 20°C |
| 1200 Mb/s | -31 dB | 20°C |

4.4 Fotodiodos APD de InGaAS (Fosfuro de Indio-galio-arsénico)

Mejoran considerablemente el rendimiento de los fotodetectores APD de germanio.

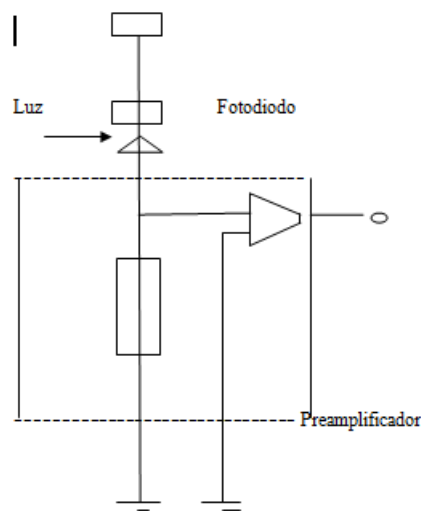
Están capacitados para trabajar en las tres ventanas, en la primera de 900 nm, en la segunda de 1200nm y en la tercera en torno a los 1670 nm, en función de la proporción de los elementos In (Indio), Ga (Galio) y As (Arsénico) en la fabricación del fotocaptador. Los tres son elementos de los grupos III y V, ofreciendo un pequeño nivel de ruido.

La triple aleación InGaAs se convierte en material semiconductor, es decir una aleación cuya conductancia eléctrica puede ser controlada de forma permanente o dinámica, pudiendo variar su condición de conductor a aislante.

La tecnología avanza hacia APD de compuestos de los grupos III y V, tales como GaAlSb (Galio, Aluminio Antimonio) o CdHgTe (Teluro de mercurio-cadmio) para trabajar en la región de los 1300 nm.

5 Otros detectores: PIN-FET

Los fotodetectores para altas longitudes de onda, basados en un diseño consistente en un fotodiodo de baja capacidad seguido de un preamplificador de bajo ruido, presenta mucho mejor sensibilidad que los fotodetectores APD.



Diseño de un Fotodeteptor PIN-FET

La sensibilidad del receptor viene determinada por el ruido de la etapa de preamplificación, cuando la corriente de oscuridad y el ruido térmico son relativamente bajos.

Estos receptores, trabajan a 850 nm con fotodiodos de Silicio, siendo su sensibilidad de -65 dBm a 2Mb/s y de -45dBm a 160 Mb/s, que si comparamos con la tabla anterior es de unos 5 dB peor que los los APD de Silicio.

En todo caso y a pesar de esta pequeña diferencia, los fotodetectores PIN-FET son una buena alternativa a los APD de silicio, especialmente a

pequeñas velocidades de transmisión, dando su mejor rendimiento en modulaciones cercanas a los 34 Mb/s o incluso menos.

En cuanto a su ventana de operación, la alineación InGaAs en la fabricación de algunos de estos fotodiodos permite trabajar en longitudes de onda mucho más elevadas, entre los 1000 y 1600 nm..

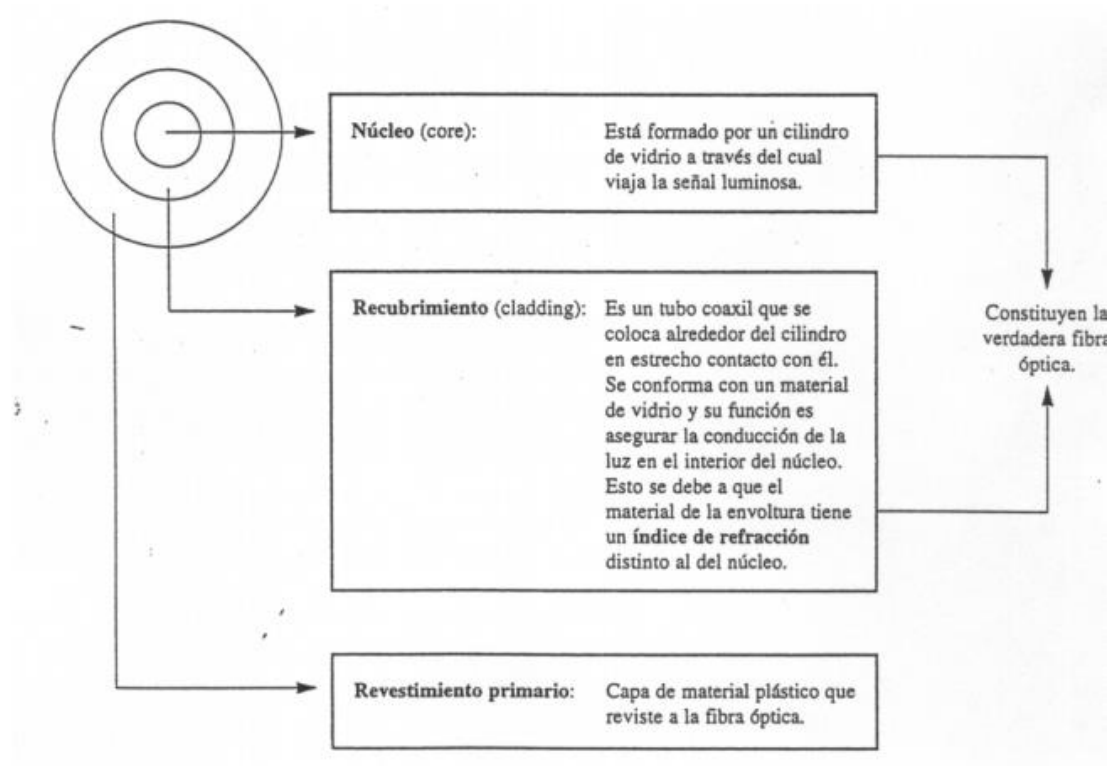
Por último, los fotodetectores PIN-FET son mucho más resistentes a los cambios de temperatura, exactamente menos de 1dB entre 20°C y 60°C.

6, Tipos de fibras ópticas.

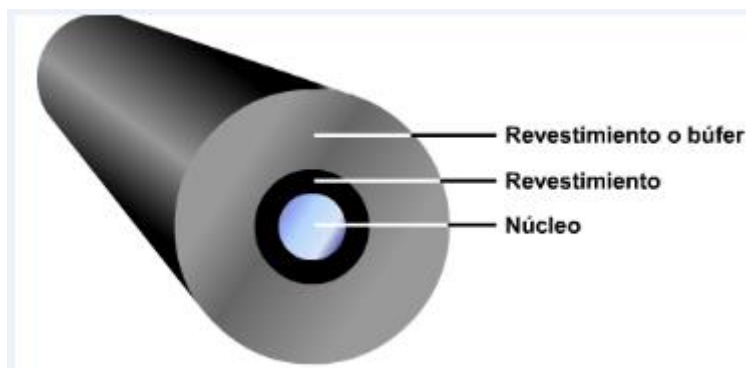
Podemos clasificar las fibras ópticas en dos grupos, según el tipo de aplicación y uso:

- a) Fibras de alta calidad utilizadas para enlaces de telecomunicación.
- b) Fibras para enlaces de corta y media distancia
- c) Fibras cuyo núcleo no es de vidrio y que se usan en distancias muy pequeñas, y por regla general, no en telecomunicaciones.

Analizaremos cada uno de estos grupos, pero antes, como paso previo estudiemos la estructura de una fibra óptica.



Como vemos en la figura, tres son los estratos principales de una fibra óptica, el Núcleo o Core, el recubrimiento o Cladding y el revestimiento primario o cubierta o también buffer.

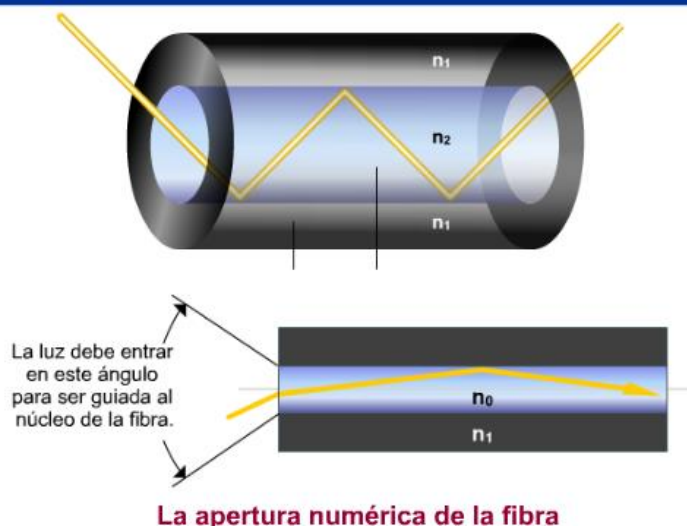


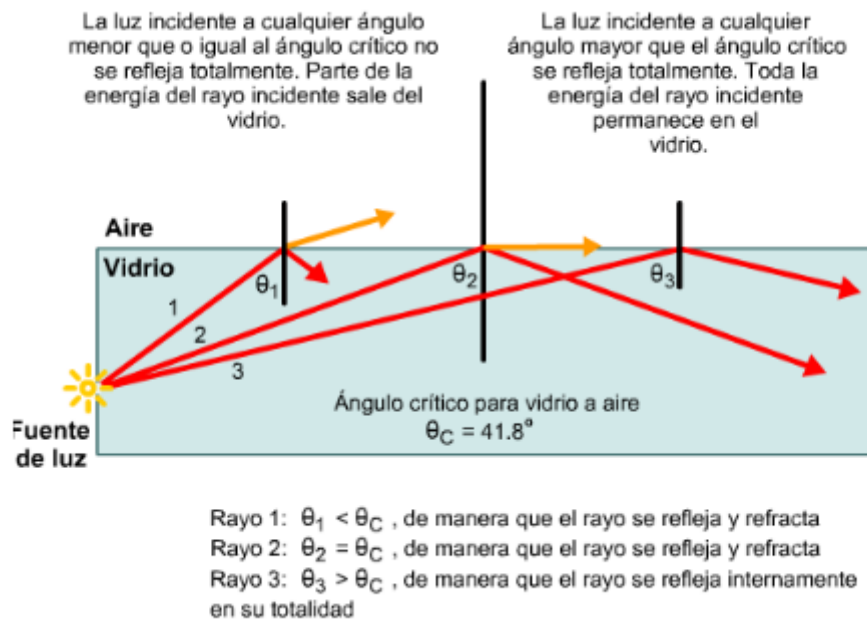
En esencia los dos primeros, núcleo y recubrimiento conforman la fibra, ambos fabricados en vidrio, aplicando sobre ellos los aspectos teóricos de la óptica. Al estar compuestos por aleaciones y dopajes diferentes les confieren distintos índices de refracción lo que permite que la luz viaje por el interior del núcleo.

Las fibras ópticas son extremadamente finas, de hecho su núcleo puede oscilar entre los 50 μm y los 5 μm .

Cada filamento está compuesto, como decimos por un núcleo de plástico o cristal, fabricado con óxido de silicio y germanio. Dicho cristal tiene un elevado índice de refracción, al que denominaremos como n_1 . El recubrimiento o cladding tiene un índice de refracción, n_2 , algo menor. Como vimos en su momento, esta diferencia entre los dos índices de refracción, n_1 y n_2 , da como resultado que cuando la luz alcanza el recubrimiento se refleja, siendo esta reflexión tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia entre los dos índices de refracción y mayor el ángulo de incidencia, consiguiendo en las mejores condiciones la denominada reflexión interna total, sin apenas pérdidas en la transmisión.

REFLEXIÓN INTERNA TOTAL





Como vemos, la luz se va reflejando en el interior de la fibra, va siendo guiada.

Por esta razón a la transmisión por fibra óptica se la denomina guía onda.

A medida que la tecnología ha ido avanzando, la estructura de la fibra ha ido mejorando. Hoy en día, la industria fabrica fibra con cubiertas más resistentes, siendo inmune tanto al agua como a las radiaciones ultravioletas.

A continuación vamos a estudiar el proceso de fabricación de las fibras ópticas.



Tubo de vidrio usado para la fabricación del núcleo y el revestimiento de la fibra

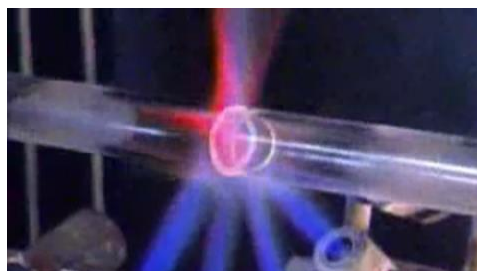
En primer lugar, estos tubos se introducen en un baño corrosivo de ácido fluorhídrico (HF) para eliminar cualquier residuo graso que pudiese contener el vidrio.



Los dos extremos del tubo de vidrio, cortado en dos partes iguales, se introducen en un torno, como vemos en las dos imágenes siguientes:



Los tubos comienzan a girar dentro de ambos tornos a gran velocidad, mientras se calientan con una llama de hidrógeno y oxígeno.



Cuando el vidrio cambia a color blanco indica que se está alcanzando la temperatura máxima muy próxima a los 2.000°C. Es entonces cuando los dos tubos de vidrio se fusionan:



Un nuevo tubo de vidrio, más largo que los dos ya fusionados, se introduce en uno de los dos tornos.



Mientras este tubo gira en el interior del torno se inyecta en él una mezcla de gases químicos, a la vez que un quemador transversal calienta el conjunto

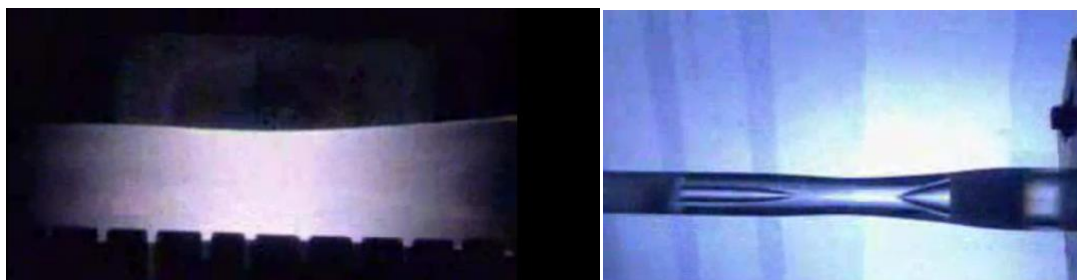


La mezcla de gases contiene sílice en forma líquida y germanio, un material similar al estaño que se usa como semiconductor. Al calentarse esta mezcla, se

deposita un polvo blanco en el interior del tubo. La altísima temperatura funde este residuo hasta convertirlo en lo que será el núcleo de la fibra óptica.



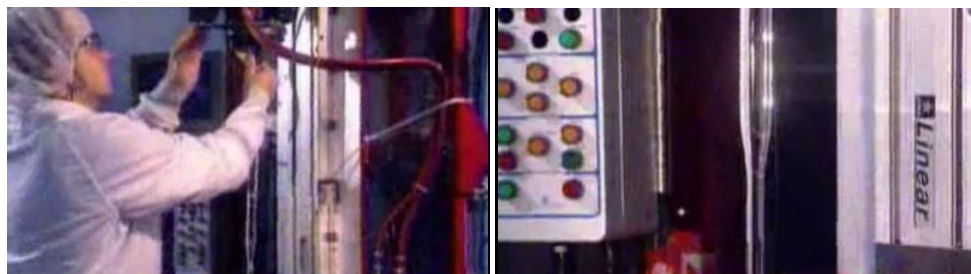
Una vez fundido se eleva la temperatura aún más, hasta convertir el polvo fundido en vidrio (*imagen de la izquierda*), compuesto por la aleación de sílice y germanio ya comentada. El tubo de vidrio original será el revestimiento o cladding. Ambos, revestimiento y núcleo se calientan de nuevo con el fin de ablandar su textura y conseguir que colapsen sobre sí mismos para formar, finalmente, una fibra sólida (*imagen de la derecha*) a la que denomina como fibra preformada.



Pero la fibra obtenida es todavía de unas dimensiones excesivas en cuanto al tamaño de su diámetro, así que el paso siguiente es adelgazarla. Primero se separa la parte preformada de la sección no colapsada del tubo de vidrio (*imagen de la derecha*)

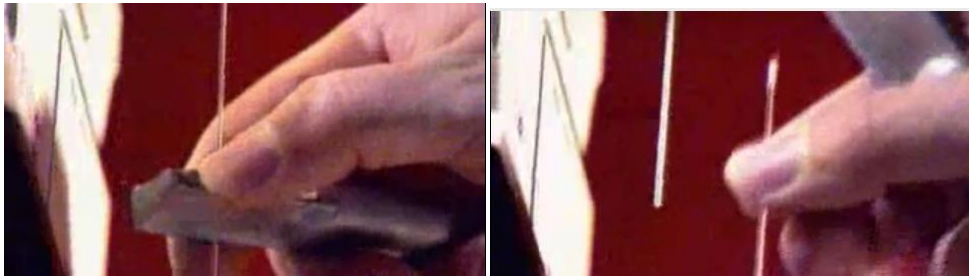


Ahora, el tubo de vidrio con el núcleo ya formado en su interior se coloca en posición vertical en la torre de fraccionamiento, que procederá a darle la forma final.



El horno de la torre de fraccionamiento calienta un extremo de la fibra preformada a 2.000° C. El vidrio se ablanda y contribuyendo la fuerza de la gravedad a crear una especie filamento muy blando hasta conseguir un filamento muy delgado.





A pesar de la delgadez de la fibra obtenida (*imagen de la izquierda*), y usando una lágrima de vidrio como contrapeso (*imagen de la derecha*), se estira mucho más el filamento, aun blando, para conseguir unas dimensiones más reducidas y un diámetro mucho menor, exactamente 125 micrómetros ($150\mu\text{m}$), algo que se consigue mediante la monitorización del proceso y a través de la medida de la tensión de la fibra en su estiramiento.

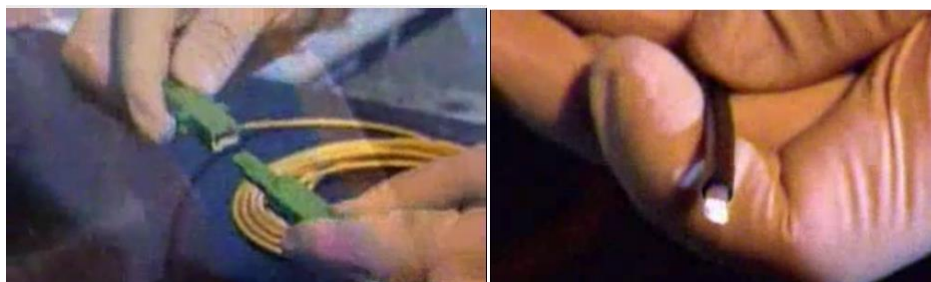


La fibra pasa a través de lámparas ultravioletas que forman una capa acrílica para protegerla del polvo y de otros contaminantes.

Por último la fibra se enrolla en un carrete, estando lista para salir al mercado o para ser introducida en un cable y comenzar a dar servicio. En la imagen de la derecha preparada para ser utilizada con su correspondiente conector.



El coste de fabricación de las fibras ópticas es alto aunque menor que la producción de los tradicionales cables de cobre. Además las comunicaciones por fibra, transportan mucha más información y no están sujetas a las interferencias electromagnéticas. El principio básico se basa en que la luz viaja a través del vidrio.



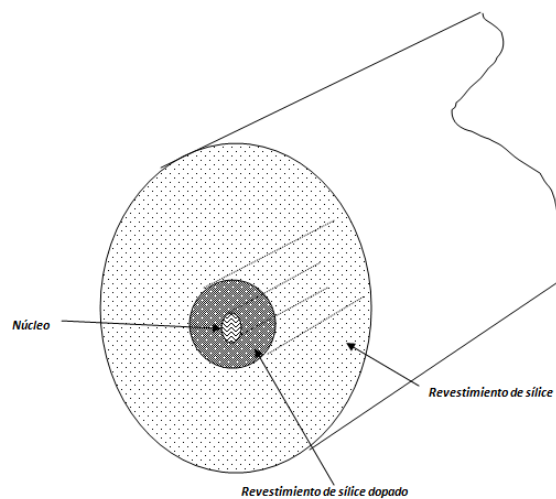
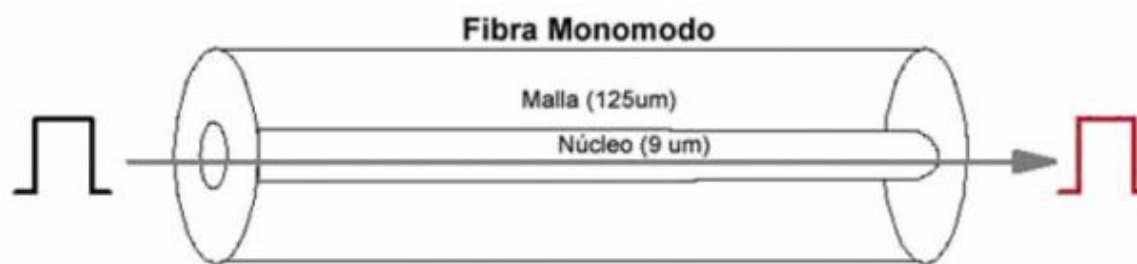
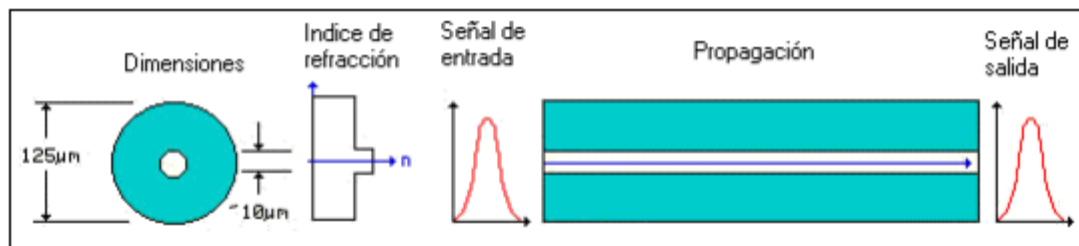
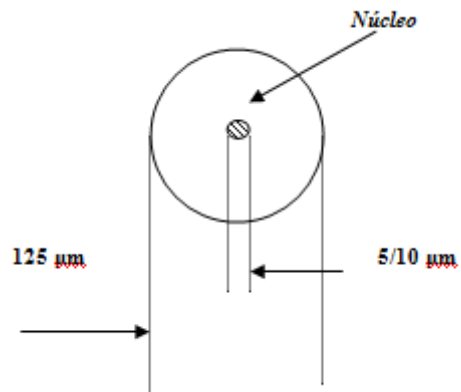
Una vez que se fabricado la fibra, compuesta como hemos visto por el núcleo de silicio y germanio y el revestimiento de vidrio, procede recubrir el conjunto con una cubierta que la inmunice de factores exteriores y ambientales. El empaquetado de alta densidad en el interior de la cubierta, permite introducir el mayor número de fibras en el menor diámetro posible, facilitando la instalación y tendido del cableado, que puede albergar en su interior un número muy considerable. Se han conseguido cubiertas con hasta 72 fibras.

7 Fibras monomodo.

Por su mayor anchura de banda, estas fibras se utilizan en enlaces de larga distancia y en grandes flujos de información, como por ejemplo, los cables submarinos que enlazan continentes o continentes y archipiélagos, etc. Los enlaces interurbanos, a 140Mbps o velocidades superiores, también usan este tipo de fibra monomodo. Estos enlaces interurbanos por fibra óptica son de gran importancia para nuestro estudio, ya que su aplicación es muy común en las comunicaciones entre el Centro de Producción Central o Sede Central de una televisión y sus Delegaciones o Corresponsalías. De igual manera una Federación de Radio Televisiones, como es el caso de FORTA, conforma una red en estrella que puede usar enlaces interurbanos para enlazar los respectivos Centros de Producción de cada televisión asociada.

La fibra monomodo, también conocida como Mono-Modo o Single Mode (SM), es una fibra óptica en la sólo se propaga un modo de luz en línea recta- Este efecto se consigue reduciendo el diámetro de la fibra lo máximo posible, proporcionando más ancho de banda y la posibilidad de alcanzar mayores distancias sin necesidad de repetidores ni empalmes. Trabaja con un cañón láser de alta intensidad como fuente de luz.

Una de las características importantes de este tipo de fibras monomodo es su baja dispersión modal. Esta enorme ventaja está relacionada con el ángulo de entrada de la luz que es tan estrecho que prácticamente coincide con el eje horizontal de la fibra, entrando los rayos de luz en línea recta.



Fibras monomodo

La mayoría de las fibras ópticas monomodo se fabrican de sílice, de tal manera que con unos pocos kilos de vidrio se pueden llegar a fabricar hasta 40 kilómetros de fibra óptica.

Como vemos en las figuras, las fibras monomodo tienen un pequeño núcleo o campo de nodo fundamental, como también se le denomina, cuyo diámetro oscila entre los 5 y los 10 μm con una tolerancia de $\pm 1 \mu\text{m}$. Su diámetro está en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales que transmite.

El diámetro del revestimiento suele ser de 125 μm con unas desviaciones de $\pm 3\mu\text{m}$.

La superficie de referencia de la fibra monomodo puede ser la del propio revestimiento o la de algún otro recubrimiento que esté por encima, y que no haya de ser eliminado cuando se proceda a los empalmes correspondientes.

Las definiciones y especificaciones típicas de los índices de refracción de los materiales que normalmente conforman las fibras monomodo son:

- $N_{SiO_2} = 1,457$; $N_{GeO_2}=1,603$; $N_{P_2O_5} = 1,520$

Si el índice de refracción del material que compone el núcleo difiere en gran medida del índice de refracción del material con que se fabricó el revestimiento es entonces cuando hablamos de fibras monomodo de índice escalonado.

Potencialmente las fibras monomodo son las que ofrecen mayor capacidad de información, como apuntamos anteriormente. Tienen una banda de paso de 100 GHz/km. Sin embargo, es la más compleja de instalar debido al extremo cuidado que exige su manipulación.

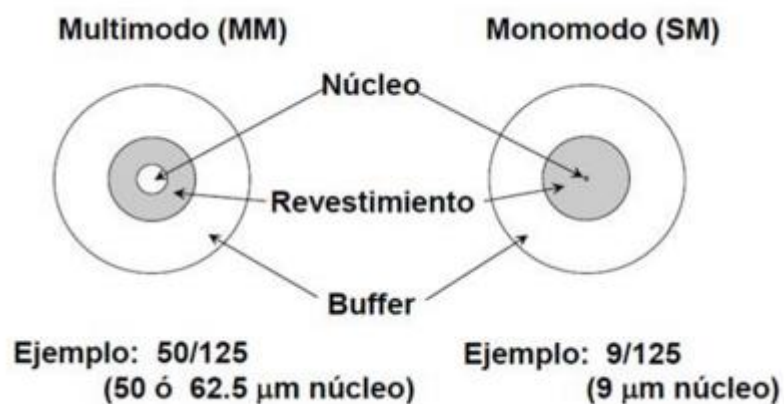
8. Fibras multimodo

Es un tipo de fibra, al igual que la anterior, de índice abrupto o salto de índice. La principal diferencia con la anterior, es el diámetro de su núcleo que en el caso de las fibras multimodo está por encima de las 50 micras.

Sin embargo es importante señalar que una fibra puede comportarse como monomodo o multimodo dependiendo de la longitud de onda de la radiación óptica que se propague por ella.

El acoplamiento de la luz en las fibras multimodo es más sencillo que en la fibras monomodo, puesto que el diámetro de su núcleo es mayor.

El hecho en común entre ambos tipos de fibra es el de su estructura. Considerando las condiciones que se han de reunir para el guiado de radiaciones ópticas, la zona por la que se va a transmitir la señal ha de tener un índice de refracción superior a la zona que la rodea. Esta diferencia entre los índices de refracción del núcleo y la cubierta esta alrededor de las centésimas, en torno a las 0,01 y 0,02



La denominación multimodo indica que por su núcleo pueden viajar más de un modo o señal simultáneamente. Obviamente, las señales que viajan por el extremo exterior del núcleo recorren más distancia que aquellas que lo hacen por el centro del mismo.

El perfil de índice graduado se aplica en este tipo de fibras para evitar lo anteriormente expuesto, es decir, que algunos modos recorran más distancia que otros y lleguen en distintos momentos. El objetivo es que todos lo hagan al mismo tiempo, o al menos en instantes distintos pero muy cortos, lo que permite optimizar el ancho de banda y disminuye la posible dispersión del pulso óptico en el recorrido, lo que se denomina como efecto DMD.

Una de las características de las fibras multimodo es la considerable apertura numérica, que es el ángulo máximo al que una fibra puede aceptar la luz del emisor. Esto faculta a las fibras multimodo para trabajar con emisores de luz menos costosos que las monomodo, tales como emisores LEDs y VCSELs.

Las fibras multimodo se distinguen por el acrónimo OM (óptica multimodo) en el estándar internacional de cableado.

Así podemos encontrar una serie de fibras multimodo denominadas como OM1, OM2, OM3, OM4 o OM5.

Por ejemplo la fibra OM2 sería una fibra multimodo MM50, que designa el diámetro del núcleo, con una distancia máxima del segmento de 550 metros, trabajando en una ventana de operación de 850 nm, con una atenuación de 3,5 dB/km y un ancho de banda de 500MHz-Km

Las fibras monomodo se distinguen por el acrónimo OS

El cuadro siguiente nos da una idea del alcance máximo de algunas fibras multimodo y monomodo, OM y OS

| Protocolo | MM 62,5/125 OM1 | | MM 50/125 OM2 | | MM 50/125 OM3 | | MM 50/125 OM4 | | SM tipo OS2 | |
|------------------------|-----------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|---------|
| | Long. de onda | | Long. de onda | | Long. de onda | | Long. de onda | | Long. de onda | |
| | 850 nm | 1300 nm | 850 nm | 1300 nm | 850 nm | 1300 nm | 850 nm | 1300 nm | 1300 nm | 1550 nm |
| Fast Ethernet 100 Mbps | 300 m. | 2000 m. | 300 m. | 2000 m. | 300 m. | 2000 m. | 300 m. | 2000 m. | 2000 m. | N/A |
| Gigabit Ethernet 1Gbps | 330 m. | 550 m. | 550 m. | 550 m. | 900 m. | 550 m. | 1040 m. | 550 m. | 5000 m. | N/A |
| 10 Gigabit Ethernet | 35 m. | 300 m. (*) | 86 m. | 300 m. (*) | 300 m. | 300 m. (*) | 550 m. | 300 m. (*) | 10 Km. | 40 Km. |

Recordamos que el protocolo Fast Ethernet, o 100 base T, es una red Ethernet que opera a 10Mbps,

El protocolo es Gigabit Ethernet es una ampliación del estándar Ethernet operando a 1 Gbps.

Por su parte, 10 Gigabit Ethernet es el un estándar implementado en el año 2002 siendo el más rápido de los estándares Ethernet, operando a una velocidad nominal de 10 Gbit/s, diez veces más que el anterior.

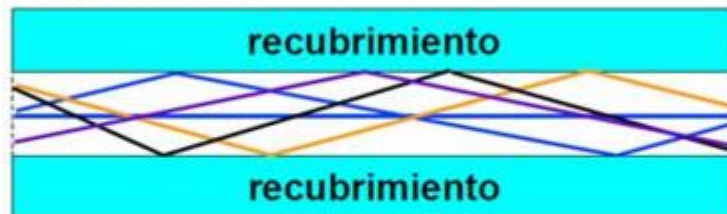
La fibra óptica OM4 es la fibra de última generación de esta serie. La OM4 se emplea en centros de datos de corto alcance y para aplicaciones de computación de alto rendimiento. El gran ancho de banda que ofrece es de 10 Gibts/

Las fibra ópticas multimodo tienen la ventaja de exigir un acople de la luz menos exacto que las monomodo, lo que permite trabajar con fuentes de luz Láser y con fuentes de luz Led, al contrario que las fibra ópticas monomodo que trabajan únicamente con fuente de luz Láser. Sin embargo, las fibras multimodo tienen el inconveniente de que el ancho de banda que ofrecen es menor que el que proporcionan las monomodo, con lo que la velocidad de transferencia de datos

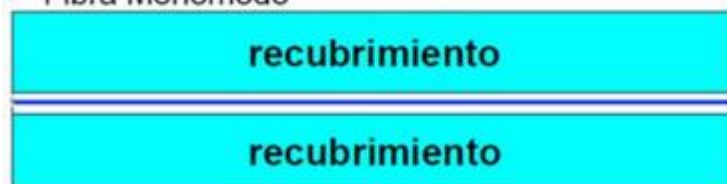
es menor en términos de bits/s. Esta disminución en el ancho de banda es causada por la dispersión modal de las fibras ópticas.

Principio de Transmisión

- Fibra Multimodo



- Fibra Monomodo



La dispersión modal ocasiona que los pulsos de luz que son estrechos en la entrada se conviertan en pulsos redondeados y de mayor duración.

Las fibras ópticas, al igual que todos los medios de transmisión tienen un límite físico de transferencia de datos medido en bps. En las fibras multimodo, la limitación se produce por la mencionada dispersión modal.

En cambio, las fibras monomodo, al haber un solo modo o rayo de luz, no se produce dispersión modal pero a cambio se produce una dispersión cromática, originada por las diferentes velocidades que tienen las longitudes de onda de la luz transmitida. A pesar de usar una fuente de luz muy pura, como la del láser, se suelen producir varias longitudes de onda (color) que producen el defecto de la dispersión cromática, que también produce la reducción del ancho de banda disponible.

La mayoría de las fibras ópticas de tipo multimodo son de índice gradual. En este tipo de fibras el índice de refracción del núcleo no tiene un valor constante, sino que varía de manera escalonada mediante una ley matemática calculada al efecto. De esta forma, los rayos de luz que viajan por el centro del núcleo y que por consiguiente recorren menos distancia van más lentos (índice de refracción mayor) que los rayos de luz que transitan por otros caminos más largos, restringiendo el valor de la dispersión modal y con ello aumentar, o al menos mantener constante, el ancho de banda.

Las fibras ópticas multimodo de configuración 62,5/125 han sido las más utilizadas, hasta nuestros días, primordialmente por la dificultad de adaptar la luz a las fibras multimodo de menor tamaño de núcleo como es el caso de la fibra óptica 50/125. Hoy en día, con los nuevos láseres de tipo VSCEL (*diódo laser de emisión superficial con cavidad vertical*), los transceptores ópticos por láser tienen un menor coste lo que permite su uso con fibras de tipo 50/125. Estas, al tener un núcleo más estrecho sufren menos la dispersión modal, por lo que tienen mayor ancho de banda, optimizando un mejor bitrate.

Hay que considerar que la atenuación de la señal se obtiene en multiplicando la atenuación en dB/Km por el total de kilómetros de fibra óptica tendida, aunque el ancho de banda medido en MHz/Km admite calcular el ancho de banda efectivo para la distancia total de instalación de fibra óptica. No se puede afirmar que al doblar la longitud de tendido de fibra implica reducir el ancho de banda a la mitad.

La atenuación de la señal trabajando en la primera ventana, a una longitud de onda de 850 nm, es mayor que si se trabaja en la segunda ventana, lo que podría inducir a elegir la segunda ventana como la mejor opción. Sin embargo, en las

fibras tipo OM3 y OM4 el ancho de banda en la primera ventana es mayor que en la segunda, porque cuanto menor es la longitud de onda menos modos existen en el interior de la fibra, con una disminución de la dispersión modal y un mayor ancho de banda.

El uso de las fibras multimodo OM3 y OM4 se centra en aplicaciones de alta velocidad, 10 Gbps, a 850 nm, y en entornos de trabajo que impliquen pequeñas distancias. Al usar para estos fines, fibras ópticas de segunda ventana a 1300 nm no es posible conseguir un bitrate de esa magnitud

Cuando las distancias a cubrir son muy grandes, como es el caso de conexiones punto a punto en producción de televisión, cuando se desea contar con enlaces interprovinciales para unir corresponsalías con la sede central, es esencial que el efecto de la atenuación no sea muy significativo, por lo que si se trabaja con fibras multimodo, solo es posible hacerlo en segundas o terceras ventanas, y la única manera de tener un ancho de banda suficiente en estas ventanas es el utilizar fibras ópticas monomodo.

Las fibras monomodo, poseen un coeficiente de atenuación de menos valor que las fibras multimodo, ya que transmiten con longitudes de onda mayores, como las de la tercera, cuarta y quinta ventana. Como además solo presentan defectos causados por la dispersión cromática y no por la nodal, su ancho de banda es mayor que el obtenido en las fibras multimodo.

CAPÍTULO SEIS:

REDES INALÁMBRICAS DE TELEFONÍA MÓVIL

1. REDES INALÁMBRICAS DE TELEFONIA MÓVIL

Las redes inalámbricas no precisan de una conexión física a un punto de la red, como ocurre con otro tipo de redes como las de cable o fibra óptica.

Los dispositivos que trabajan con redes inalámbricas son conocidos como dispositivos móviles en movilidad, y son teléfonos móviles, PDAs, Tablets, ordenadores portátiles, y otros que son en definitiva una combinación de los anteriores. Por consiguiente, una de sus principales características es la posibilidad de conectar a la red en movimiento, algo que otras redes no ofrecen.

La movilidad es una ventaja de gran valor respecto a otros tipos de conexión, desde el punto de vista de la producción de señales en directo en televisión. Ni las conexiones vía satélite, ni las conexiones por fibra, ni la conectividad con enlaces microondas, si exceptuamos en este caso los enlaces microondas con codificación COFDM, denominados coloquialmente enlace RF, permiten esta opción.

La diferencia entre un enlace en movilidad RF y uno realizando bonding sobre los modem, como los que usa LIVE U, es que el primero tiene un alcance limitado, exactamente hasta alcanzar la antena de recepción (entre 1 y 2 km, dependiendo de la potencia aplicada al enlace) mientras el segundo permite una movilidad mucho mayor porque su señal se transmite a la celda de telefonía móvil más cercana, con el añadido que en el momento que el equipo sale de la celda y entra en otra la señal ni se pierde ni se degrada, funcionalidad denominada hand off.

Existen varias clases de redes inalámbricas diferenciadas en función de su aplicación. En general tiene que ver con el radio de acción. Las podemos catalogar como:

- Redes inalámbricas personales WPAN (wireless personal network)
- Redes de área local inalámbrica
- Redes de radio celular

Las dos primeras no son objeto de este estudio, sin embargo, apuntaremos brevemente algunos datos sobre ellas.

1. WPAN es una red que actúa en un radio de acción pequeño, que se sitúa en torno a los 10 metros, como por ejemplo un local, una sala o una oficina.

Un dispositivo ejerce la función de maestro mientras los demás dispositivos lo hacen como esclavos de él. Se llama piconet al espacio donde se encuentran los dispositivos esclavos y el maestro.

Se usa para interconectar, por ejemplo, un ordenador con la impresora, el escaner, una estación de trabajo, etc. Trabaja con transmisores de radio de corto alcance, de tal manera que los dispositivos conectados pueden intercambiar datos entre sí.

El computador maestro contendrá una unidad de sistema, y los demás periféricos una unidad esclava. Ambas unidades tienen un transmisor de radio, emisor y receptor, ya que todos han de emitir sus datos y recibir los de los otros. Todos ellos están controlados por la unidad del sistema. La velocidad de transferencia suele ser de 400 y 700 Kbps.

Un ejemplo de estándar de este tipo de redes es Bluetooth.

1.2 Redes de área local inalámbricas

Se conocen como WLANs.

Su radio de acceso es mayor que la red anterior, de tal manera, por ejemplo, que interconectan un conjunto de ordenadores entre sí y a la vez con un servidor común a todos dispositivos, o con un punto de acceso a la red.

Cada dispositivo en una red WLAN tiene un módem vía radio que permite la interconexión señalada. Trabajan en entornos más amplios que WPAN, como por ejemplo grandes oficinas. El radio de acción puede alcanzar los 100 metros.

Cuando una red WLAN tiene necesidad de conectarse con otra u otras, lo hacen usando la tecnología de LAN cableada de alta velocidad. La pasarela a la LAN troncal se hace mediante el uso de cable, tipo fibra óptica.

Cada red WLAN tiene una unidad denominada punto de acceso ó AP (*access point*). El intercambio de datos entre los dispositivos inalámbricos tiene que controlarse desde el AP, el cual recibe los datos de cada uno y los retransmite al destinatario.

De tal forma que el punto de acceso AP controla todo el sistema a su cargo y además es el encargado de interconectar con otros puntos de acceso de otras redes WLAN y/o LANs, esto último gracias a las conexiones fijas de cable de la red troncal.

La velocidad de flujo de datos suele estar en torno a los 11 Mbps para ciertos estándares conocidos como WI-Fi y de 54 Mbps para el modelo OSI con multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)

1.3 Redes de radio celular o de redes de telefonía móvil

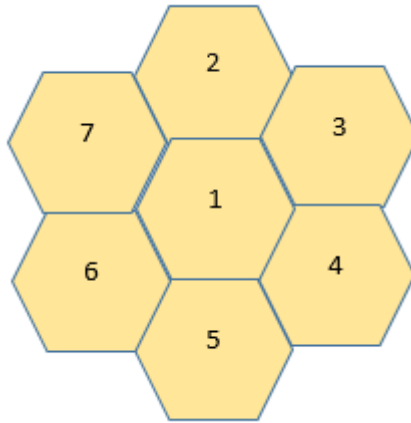
Este tipo de redes son de amplia cobertura, llegando a dar servicio a grandes extensiones geográficas como por ejemplo de la de un país, y si las naciones fronterizas trabajan con sistemas de radio compatible con el primero y entre sí, pueden cubrir continentes.

Su función primordial es permitir a un usuario en movilidad que disponga de un terminal móvil compatible con la red realizar llamadas desde el dispositivo, enviar mensajes de texto, fotos, videos y en general contar con una conexión multimedia a la red.

En la década de los ochenta, en EEUU se introdujo la tecnología apropiada para desarrollar redes celulares. Hasta entonces, la red celular daba cobertura a espacios más reducidos, debido a la limitación de potencia que se imponía a las transmisiones, con lo cual la tecnología móvil no traspasaba los límites de una ciudad.

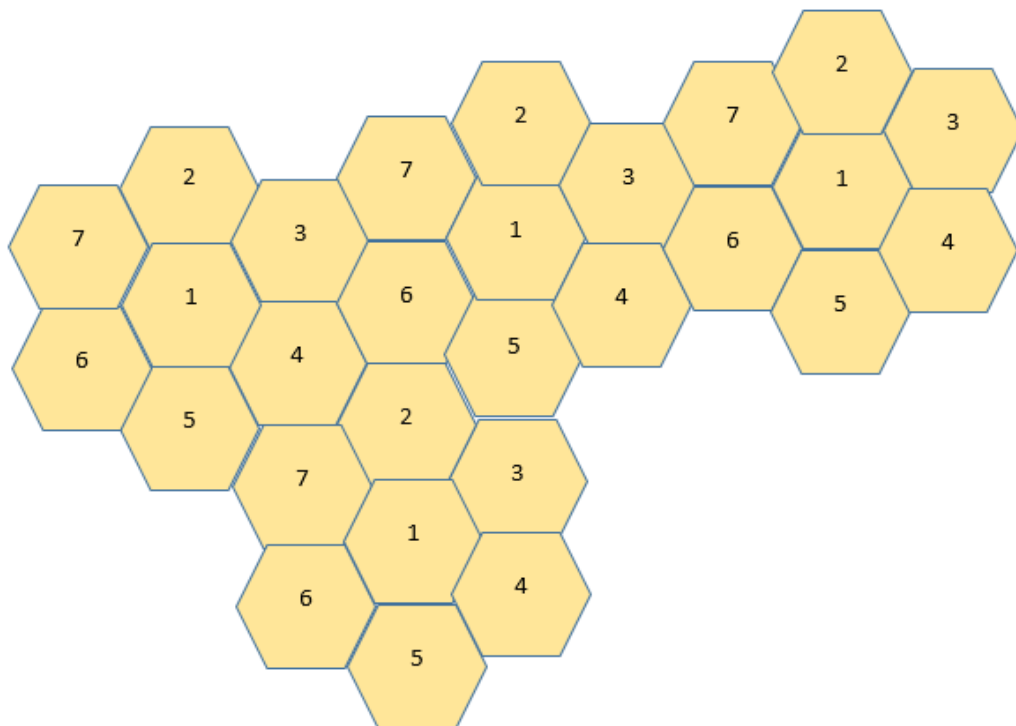
La red celular toma el nombre de la arquitectura empleada para dar cobertura a grandes extensiones, que consiste en subdividir el área a la que se quiere dar servicio en pequeñas zonas llamadas celdas.

Un transmisor de radio de baja potencia se asocia con cada celda para darle cobertura a ese espacio en concreto. Por otro lado, el ancho de banda que ha sido asignado a la red se divide en 7 sub-bandas de frecuencia, como vemos en la siguiente figura



Las 7 sub-bandas de frecuencia en redes celulares

Para evitar interferencias con celdas próximas espacialmente, la distribución de las celdas se hace de la siguiente forma



Red celular con reasignación de frecuencias

Distribuidas las 7 sub-bandas con este diseño se consigue que cada celda no se vea afectada por las frecuencias de trabajo de las celdas adyacentes. Como se observa en la figura, es posible reasignar las siete frecuencias, de tal manera que con esta técnica es posible cubrir grandes extensiones geográficas, como apuntamos anteriormente.

El tamaño de la celda es de suma importancia para que los dispositivos móviles trabajen con pequeñas baterías, algo esencial para su movilidad. Celdas de tamaño reducido usan transmisores de radio de baja potencia lo que implica baterías de reducido tamaño en los equipos móviles.

Las primeras redes celulares se empleaban para llamadas de voz, interconexión de datos y algunos otros servicios muy sencillos. Las redes celulares primigenias se interconectaban vía radio con redes fijas como la de telefonía por cable RTB o con su versión digital RDSI, así como con redes de conmutación de paquetes PSDN. Este esquema ha evolucionado hacia servicios más complejos como el de envío de mensajes de texto SMS (*short message service*) Estos, se transmiten utilizando la capacidad sobrante de la red de señalización. Los SMS también son usados por el operador de red para localizar al dispositivo móvil dentro de la red, de cara a actualización de software y entrega de otras aplicaciones como los servicios activos, o servicios de alerta, que son aquellos mensajes que no han sido requeridos por el usuario, como por ejemplo el resultado de un partido de fútbol o las últimas noticias. El operador puede enviar al usuario otro paquete de servicios mensajes optimizados como EMS, o servicios de mensajes multimedia MMS. Y como valor añadido, el acceso a Internet.

La red de segunda generación completamente digital, denominada sistema global para comunicaciones móviles GSM (*global system for mobile communications*) fue la pionera en las aplicaciones de datos aplicadas a redes celulares. Esta red de GSM, evolucionó hacia la tercera 3G, y la cuarta 4G, que es la que en la actualidad se está extendiendo por los países del primer mundo, y que es la clave para la conectividad de contenidos en directo (o granados y enviados por FTP) destinados a la producción de televisión.

Estudiemos la arquitectura de una red GSM para comprender su evolución hacia redes celulares posteriores.

2. Diseño de una red celular GSM

Una red GSM está compuesta fundamentalmente por tres subsistemas:

- Subsistema de radio RSS (*radio subsystems*)
- Subsistema de red y conmutación NSS (*network and switching subsystem*)
- Subsistema de operación OSS (*operation subsystem*)

2.1 Subsistema de radio RSS

Su función principal es la del funcionamiento de los distintos elementos del equipo que conforman la parte de radio de la red.

Diferenciamos distintos dispositivos en este apartado de radio. Son:

- a. MS (*mobile station*) o estación móvil. También, terminal móvil. Es el dispositivo que es propiedad del usuario de la red. En su interior, está el módulo de identidad de abonado, SIM (*subscriber identity module*) que almacena todos los datos del usuario que están a disposición de la red. Sin este módulo, el terminal solo podrá realizar llamadas de emergencia. SIM contiene el número de identificación de usuario PIN. Otros datos que lleva el módulo SMS es una identidad de equipo móvil internacional IMEI que el identificador global del terminal. Además una clave de identificación (Ki) necesaria para que el operador pueda identificar al usuario.

Cuando el terminal está conectado a la red, el sistema operativo va guardando datos relativos a la operación tales como la clave de cifrado (Kc) y la identificación de área de localización LAI (*location área identification*)

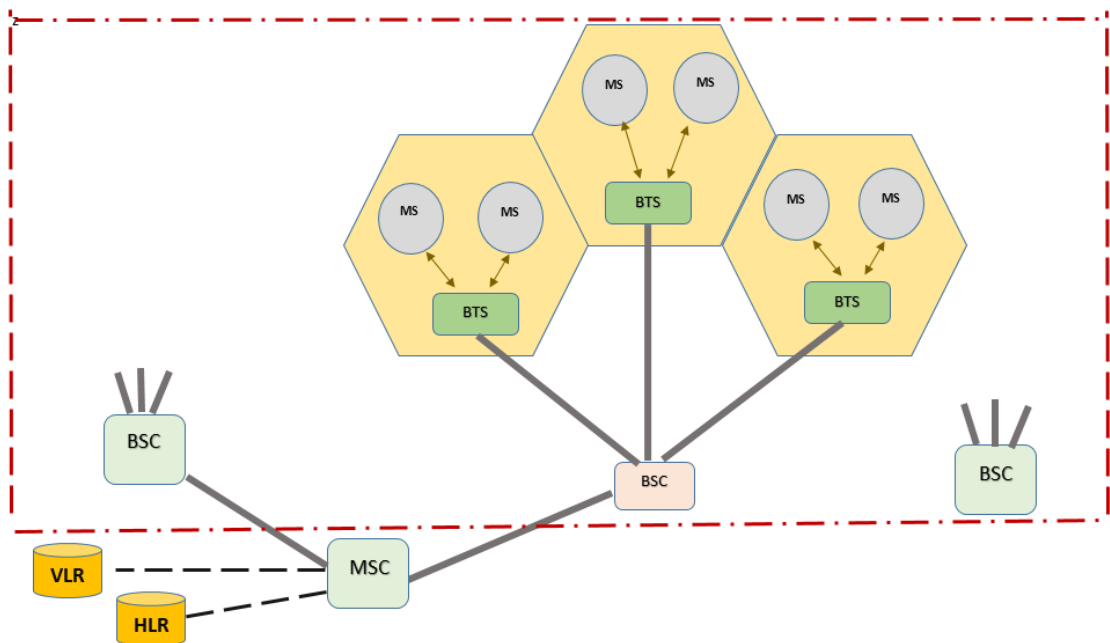
- b. BTS (*base transceiver subsystem*) o subsistema transceptor base. Este equipo tiene los dispositivos de radio que permiten a los terminales proceder a la comunicación. Incluyen las antenas y sus soportes. Utilizan amplificadores tanto para la emisión como para la recepción de señal. El bitrate de usuario oscila entre 9,6 Kbps y 14,4 Kbps.
- c. BSC (*base station controller*) o controlador de estación base o controlador de red de radio, en este segundo caso denominados también como RNC (*radio network controller*). Entre sus funciones más relevantes es la de reservar frecuencias a los subsistemas transceptores base individuales y hacer posible el procedimiento de transferencia de datos que se produce cuando un terminal móvil se desplaza de una celda a otra, dentro del mismo subsistema

Veamos una figura que nos ayudará a comprender el diseño. La parte de la arquitectura correspondiente al subsistema de radio esta enmarcada en líneas de puntos rojas.

Los dos BSC a derecha e izquierda interconectan con otras celdas.

El BSC central es el controlador de estación base para el sistema de tres celdas dibujado en la figura.

Los equipos HLR y VLR son los registros de localización local o itinerante respectivamente, y pertenecen al subsistema de red y conmutación NSS que estudiaremos a continuación.



Subsistema de radio RSS

2.2 Subistema de red y conmutación NSS

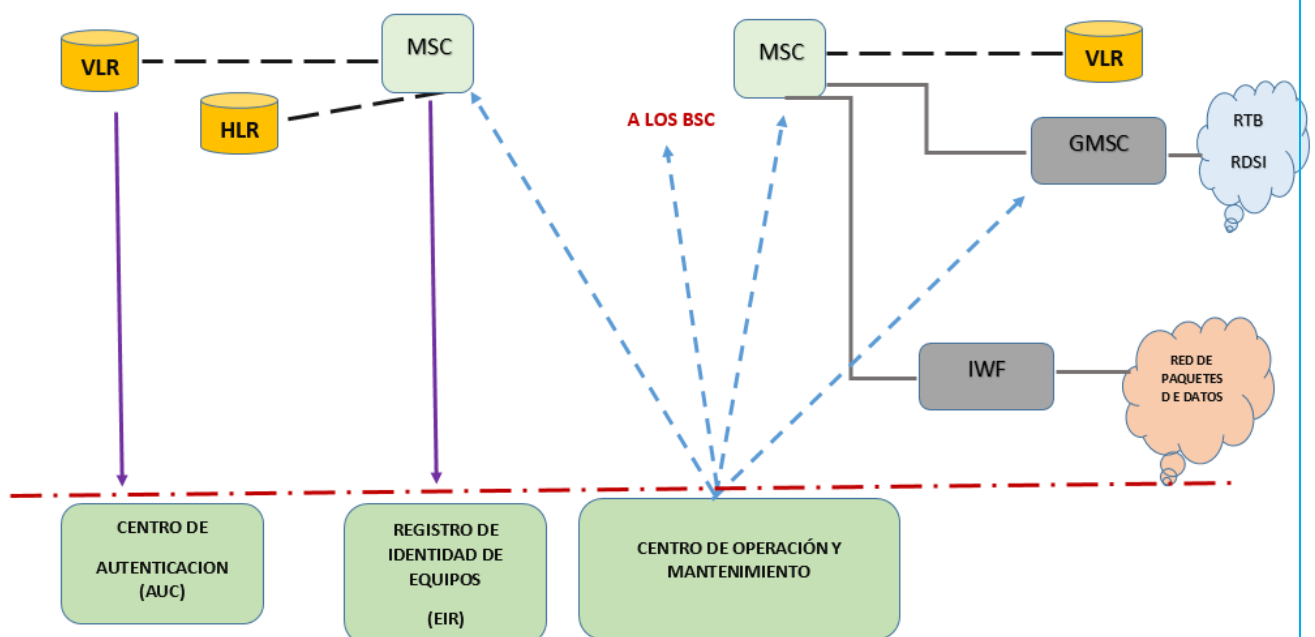
La función primordial del subsistema de red y conmutación es la conexión con las redes fijas de telefonía como RTB y RDSI.

Otras funciones importantes, tienen que ver con la movilidad del terminal de usuario cuando este se desplaza de un subsistema de estación base BSC a otro, encargándose del proceso de transferencia de datos entre ambos. Además se ocupa de la localización del terminal móvil en cualquier lugar donde se encuentre tanto a nivel local, como nacional y global. La itinerancia de terminales, facturación y contabilidad entre diferentes operadores de red es parte de la competencias de este subsistema.

Los equipos que trabajan en este subsistema son:

- a. MSC (*mobile switching center*) o Centro de conmutación móvil. Se encarga del establecimiento de conexiones hacia varios controladores de estación base, BSC y hacia otros centros MSC. Algunos de estos centros de conmutación móvil tienen conexión a una pasarela GMSC (Gateway MSC) que hace de interfaz hacia redes fijas como RTB o RDSI. De igual manera tiene la capacidad de interconectar mediante una función e interconexión IWF (*interworking function*) que realiza las funciones de interfaz hacia una red de conmutación de paquetes.
- b. HLR (*home location register*) o Registro de localización local. Se trata de una potente base de datos que mantiene y actualiza toda la información acerca del usuario, entre la que se encuentra información estática como número RDSI de abonado móvil MSISDN (*mobile subscriber ISDN*) ISDN son la siglas de RDSI, a nivel internacional. Esto permite que el usuario se comunice con un abonado de la red fija. Entre sus funciones está la de informar sobre el área de localización del terminal LA (*location area*), proveer del número de itinerancia de abonado móvil, e informar sobre el registro de abonados itinerantes VLR (*visitor location register*)
- c. VLR que es el Registro de abonados itinerantes, como hemos visto. Se trata de otra base de datos. Cada Centro de conmutación móvil, MSC, tiene un VLR asociado, ya que contiene toda la información relativa a cada terminal móvil que se encuentra en un determinado instante en el área de influencia de un MSC.

La figura nos muestra la función de cada uno y como se interrelaciona con la figura anterior, a través de la conexión que sale de Centro de operación y mantenimiento hacia los BSC de cada celda.



Subsistema de red y conmutación NSS

Como vemos en la figura, las pasarelas que conectan GMSC con la red RTB y RDSI que es la red de telefonía fija y digital, así como ya la pasarela que conecta IWF (interworking function) con la red de paquetes de datos, permite al terminal móvil interactuar con ambas, unas de voz y la otra de datos. La parte correspondiente al subsistema de red y conmutación está delimitado por la línea de puntos roja, ya que la parte inferior del esquema corresponde al siguiente subsistema

2.3 Subsistema de operación OSS

El funcionamiento, administración y mantenimiento de la red celular corresponde a OSS.

Se compone de tres centros que se intercomunican con otros centros análogos.

Son los siguientes:

- a. Centro de operación y mantenimiento OMC que supervisa, controla y administra todos los demás centros de operación de la red. Se encarga de la monitorización de tráfico, estado de operación de otros centros, gestión de abonados, facturación etc.
- b. Centro de autenticación AC, que es el centro que contiene los algoritmos de autenticación y las claves de cifrado, que se usan para obtener los valores que son necesarios la autenticación en la base de datos HLR, que como recordamos en una base de datos que contiene toda la información relativa al usuario.
- c. Registro de identidad de equipos, EIR, que es una base de datos que contiene a todos los terminales registrados en la red, lo que impide que terminales robados se usen, ya que en dicha base de datos queda constancia del hurto, bloqueando cualquier operación desde ese terminal.

3. Evolución de la red celular GSM: GPRS

La red GSM se desarrolló con el fin de ofrecer servicios de telefonía móvil de voz y un servicio de datos asociado a basado en una acceso a redes de conmutación de paquetes orientada a conexión.

Pero Internet funciona como una red en modo de paquetes no orientados a conexión, es decir, la comunicación entre dos puntos de la red en los que un paquete de datos puede ser enviado sin que exista acuerdo previo, de tal manera que el transmisor envía los paquetes de datos al destinatario sin preocuparse si está preparado la conexión. El acceso a Internet se realiza a través de una pasarela o encaminador.

Por tanto, la evolución en las redes inalámbricas celulares como lo es GSM es avanzar en el sentido de proporcionar un servicio de datos con acceso a Internet, con envío de paquetes no orientado a conexión.

Para ello, se implementó el sistema GSM con una aplicación denominada GPRS (*general packet radio service*) que ofrece un servicio de extremo a extremo de transferencia de paquetes de datos no orientado a conexión.

GPRS transfiere los paquetes a través de la red de acceso vía radio y una red troncal de conmutación de paquetes basada en IP.

En los nuevos canales GPRS el ancho de banda se asigna de manera dinámica tanto al enlace de acceso a la red como de bajada de la misma. El flujo de datos máximo que se reserva es de 171,2 Kbps, aunque cuando el tráfico entra en la red troncal conmutada, este se divide entre el que pertenece a los servicios en modo circuito, que es el dominio GSM de circuitos conmutados, y el que pertenece a los servicios en modo paquete, e cual es dominio de GPRS de conmutación de paquetes.

En este caso, GPRS, el paquete de datos se pasa a una pasarela IP denominada SGSN (*serving GPRS support node*) nodo de soporte servidor GPRS. De ahí, el paquete se transmite a través de la red interna basada en IP a la pasarela con Internet.

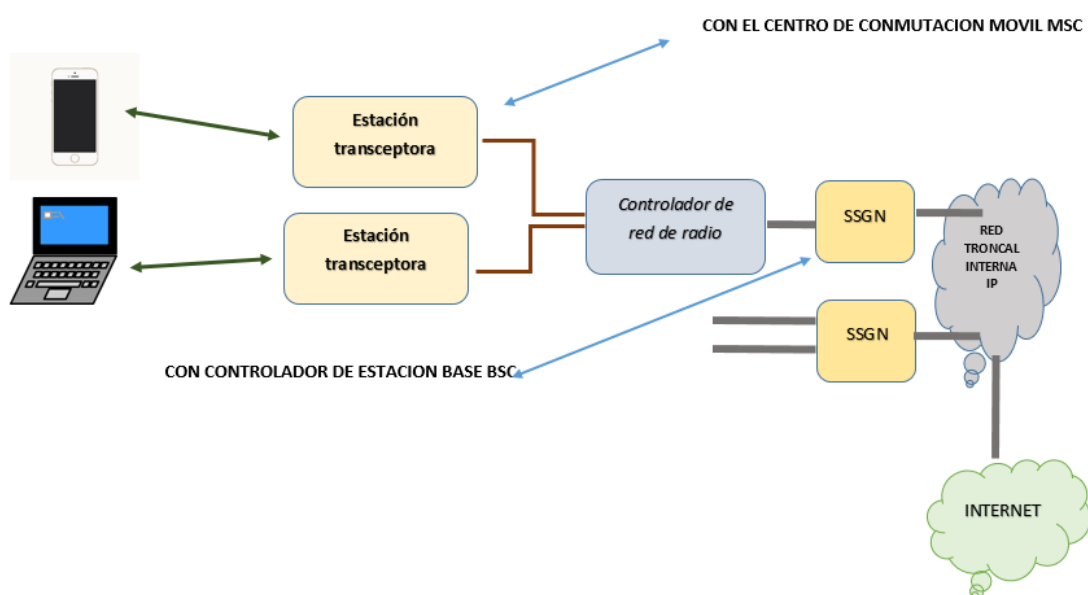
Esta última pasarela se conoce como GGSN (Gateway GPRS support node) la transferencia de los paquetes de datos se realiza mediante el protocolo GTP (GPR tunneling mode) o Protocolo de túnel GPRS

La técnica aplicada en la transmisión de paquetes en GPRS, consiste en que el SGSN (soporte de servidor GPRS) encapsula el paquete dentro de un segundo

paquete que lleva una cabecera con la información precisa para encaminar el paquete al GGSN (nodo de soporte pasarela GPRS) a través de la red IP interna.

La dirección IP del paquete original se usa para encaminar el paquete a través de Internet hasta su destino.

La figura muestra el dominio GPRS de conmutación de paquetes



GPRS con conmutación de paquetes

3. La red celular de tercera generación UMTS 3G

La red inalámbrica de tercera generación 3G, denominada también UMTS, (*universal mobile telecommunications systems*) o Sistema universal de telecomunicaciones móviles, ha sido desarrollado por la totalidad de los operadores de telefonía móvil que anteriormente usaron la red GSM de segunda generación y que posteriormente fue implementada para acceso a datos la cual, como hemos estudiado, fue la red GPRS.

La red 3G tiene varios valores añadidos a las anteriores que la hacen especialmente interesante para nuestros objetivos.

Una de ellas es el considerable aumento en la velocidad de transferencia, tanto a nivel de bajada como de subida a la red, si bien manteniendo la asimetría característica del acceso a Internet. El interfaz de radio soporta un enlace descendente de alta velocidad en comparación a las redes de segunda

generación. El objetivo del desarrollo de la red 3G es el de proporcionar servicios IP multimedia., denominados IMS (*IP multimedia services*) así como el establecimiento de sesiones multimedia, que incluye datos multimedia bien en tiempo real o asíncronos. Un ejemplo de servicio multimedia asíncrono es el servicio MMS que es una evolución del SMS que solo empleaba texto. Un ejemplo de servicio multimedia síncrono es la visualización de un fragmento de video en el cual la imagen y el audio van sincronizados.

La arquitectura 3G tiene un diseño en el cual, en el centro de la misma, se encuentra una red troncal en IP a la que se conectan otras redes a través de correspondientes pasarelas IP. Esta red troncal está basada en GPRS, que proporciona un servicio en modo paquete no orientado a conexión, como hemos estudiado anteriormente. Esta red troncal ofrece transferencias de paquetes sobre la red vía radio, así como una red troncal de conmutación de paquetes.

La principal diferencia con las redes anteriores, GM y GPRS, es a eliminación de circuitos conmutados. Ahora en la red 3G, todo radica en una única red troncal de conmutación de paquetes de datos basada en IP.

La última versión de la red UMTS, además de ofrecer los servicios multimedia basados en IP, implementa los elementos necesarios para interconectar con las redes LAN inalámbricas públicas y los servicios que proporciona Internet.

La red 4G, de cuarta generación continúa basándose en el protocolo IP, si bien las velocidades de transferencias de datos son muy superiores a 3G. Se trata de un sistema de sistemas y una red de redes. En realidad es una compilación de distintas tecnologías y protocolos para alcanzar un alto nivel de procesamiento. La confluencia entre redes de cable e inalámbricas hacen posible obtener velocidades de acceso de 100Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo. Esto permite que la red 4G sea capaz de brindar al usuario cualquier tipo de servicio relacionado con el audiovisual digital.

Para nuestros objetivos la llegada de la red 4G ha permitido un acceso a la red con velocidades que hace poco tiempo eran impensables. Ello ha dado paso a esta revolución en la transmisión de contenidos a través de las redes inalámbricas de telefonía móvil. El hecho de poder superar bitrates de 10 Mbps, estables, en la subida a la red de acceso, ofrece unas enormes posibilidades a la producción de televisión.

La conmutación de paquetes para las redes 4G tiene una arquitectura nueva en relación a su antecesor UMTS, denominándose ahora como SAE (*System architecture Evolution*) o también EPS (*Evolved Packet System*) Sistema evolucionado de paquetes

En realidad el diseño sigue el mismo patrón de la red 3G. Algunos de los estándares en 4G son Wimax, WiBro y 3GPP LTE (Long Term Evolution) para

poder implementar adecuadamente la red 4G es preciso incorporar las tecnologías anteriores, de la segunda y tercera generación. Pero también es necesario introducir nuevos modelos de modulación o sistemas de antenas que hagan posible la concurrencia con otros sistemas inalámbricos.

CAPÍTULO SIETE:

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN. EL MODELO LIVE U

1. NUEVAS TECNOLOGIAS DE TRANSMISION. EL MODELO LIVE U

Las nuevas tecnologías de transmisión están revolucionando el mundo de las comunicaciones y el workflow de producción.

La introducción de equipos portátiles, ligeros, cuya operación es sencilla, de bajo coste que se basan en conexiones IP mediante bonding sobre Internet, aprovechando las redes de telefonía celular, se están imponiendo progresivamente, sobre todo en producción de noticias y deportes.

Son varias las tecnologías, propietarias de determinadas marcas, las que se han abierto camino en el mercado audiovisual. LIVE U, Streambox, Aviwest, son algunas de ellas.

LIVE U se consolida como líder mundial en este campo. Estudiemos su flujo de trabajo, las máquinas con las que trabajan y las principales características de su tecnología.

LIVE U es la marca que define un tipo de transmisión desarrollada por la empresa israelí del mismo nombre, con sede en Kfar-Israel

La tecnología está implantada en muchos países del mundo, trabajando con importantes televisiones. El mapa nos da una visión general de la introducción de este tipo de transmisión.



Fig 256 Clientes de LIVE U en el mundo

OPERACION

La tecnología se basa en ligeros terminales que llevan insertas varias tarjetas SIMs. Los terminales se conectan a la cámara mediante una conexión BNC, o mediante una conexión HDMI.

El operador de cámara suele llevar el terminal a su espalda, como si se tratase de una mochila. De hecho este término es que parece que se ha impuesto en el lenguaje de producción: transmisión con mochilas.

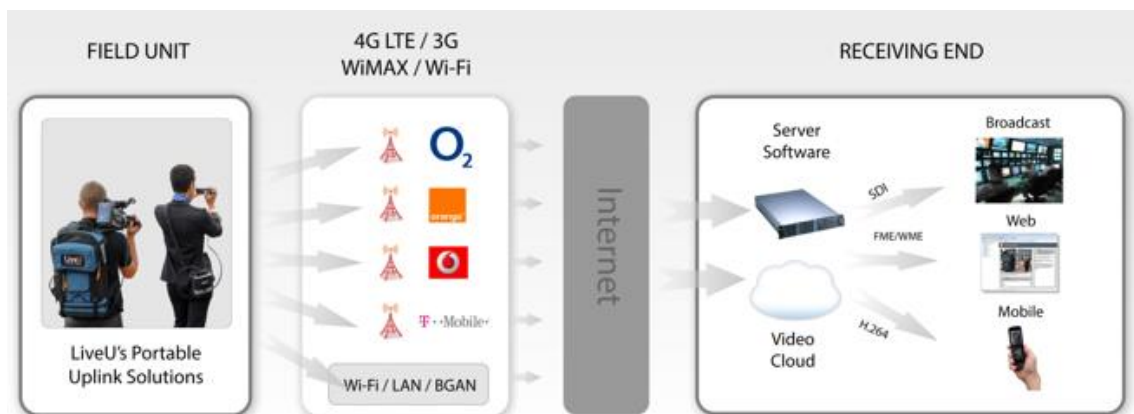


Fig 257 Workflow conexión LIVE U

La figura nos muestra tres escenarios. En el primero, la producción de campo, el operador lleva el terminal a la espalda conectado a la cámara. Como vemos, la idea es que el equipo sea lo más ligero posible, tanto el equipo de cámara ENG como el terminal. Esto permite una gran movilidad al operador, pudiendo transmitir en movimiento, sin cables que le unen a enlaces, aunque esto último también es posible con enlaces RF.

El segundo escenario informa de la manera en la que la información se transmite. Es posible aprovechar la red de telefonía móvil 3G/4G de tal manera que las tarjetas que se instalan en el interior del terminal, distribuidas en función de los principales operadores, Vodafone, Orange, Movistar en España, y en otros países las de los operadores locales. Así un terminal que trabaja con 4 tarjetas SIM (LU 400) puede ser configurado con dos tarjetas de Movistar, una de Vodafone y una de Orange, por ejemplo. Un terminal con 7 tarjetas (LU 500) puede configurarse con 2 tarjetas Movistar, 2 Vodafone y dos Orange. La idea es aprovechar la mayor cobertura de cada operador en determinadas zonas. El bonding, es una técnica que combina la velocidad de datos de cada operador y tarjeta para conseguir un mayor rendimiento y ancho de banda. Es posible conseguir un bitrate similar al que se alcanzaría sumando el bitrate de cada tarjeta. La introducción de las redes LTE 4G, ha permitido mejorar espectacularmente esta tecnología, ya que es posible conseguir un bitrate de 10 Mbps con un terminal de solo 4 tarjetas. Este bitrate permite transmitir con una calidad de video y audio más que aceptable en el entorno broadcast. De hecho este flujo está por encima del ancho de banda de 6 MHz en una conexión satelital. El inconveniente viene por la fluctuación de cobertura en la red, provocada en cada celda por el hecho de que los usuarios se vayan sumando a la celda compartiendo el ancho de banda disponible entre ellos. Por esta razón, en situaciones en las cuales haya aglomeración de gente, en las cuales muchas personas están haciendo uso de sus terminales móviles para descarga de datos o líneas de voz, el ancho de banda ha de ser repartido entre todos los usuarios, reduciendo drásticamente el ancho de banda disponible. En ese contexto, la transmisión con esta tecnología es muy crítica ya que el ancho de banda ofrece un bitrate muy pequeño, muy por debajo de los estándares de calidad exigidos. El resultado son imágenes pixeladas, imágenes congeladas, problemas de audio y otros similares que impiden una transmisión en las mínimas condiciones de trabajo.

Otro de los inconvenientes que pueden aparecer, similar al anterior, es que la zona elegida para la transmisión, por ser la zona donde se ha producido la noticia, no tenga una cobertura adecuada, bien porque la red LTE no ha sido implementada en ese lugar, o bien porque no hay ningún tipo de red. En el primer caso, el bonding se hace sobre red 3G, que, lógicamente no ofrece la velocidad que se da en las redes 4G, con la consiguiente inestabilidad en la transmisión.

Tal vez, en estos casos, el trabajar con terminales con mayor número de tarjetas ayudará a conseguir un bitrate más alto y una señal más estable.

El terminal también puede unirse a la red mediante una conexión Wifi y transmitir de esa manera, y a partir de ese momento, llevar la señal por cable (telefónico o de fibra) con la estabilidad de señal que ofrece esa solución. Es posible, unirse a la red, mediante una conexión LAN/Ethernet, en el caso de que no desee entrar a la misma por Wifi.

Por último, el terminal tiene conexión con BGAN y WIMAX, tecnologías que veremos más adelante.

En definitiva la señal, se transmite a la Internet, bien por red LTE, bien por la red 3G, bien por cable (ADSL, Fibra Optica), por BGAN o WIMAX. Los paquetes que componen la información viajan por los distintos nodos hasta alcanzar el servidor de recepción.

Este servidor, dotado con sistema operativo Linux e instalado en el MCR de las cadenas de televisión, necesita una conexión de línea dedicada, ya que si el terminal transmite a un bitrate de 10 Mbps, el servidor tiene que estar conectado a Internet a través de una línea que ofrezca un bitrate superior de 10 Mbps para que la recepción sea fluida, de calidad y correcta. No tendría ninguno sentido que el server estuviese conectado con una ADSL casera con un flujo de 2 Mbps cuando está recibiendo un flujo de 10 Mbps.

El servidor recibe los paquetes, los ordena en el orden correcto para finalmente entregar una señal de video SDI con audio embebido.

Es posible, también que el terminal transmita a un CDN o a una plataforma de video cloud, para visionar el contenido en los dispositivos móviles. Esto último puede realizarse desde el MCR si es que cuenta con canales de codificación a CDN.

Existen varios modelos y terminales de operación. El terminal LU70, el terminal LU 500, el LU400, el más pequeño de todos que es el modelo LU200, extender que añade más cobertura a los equipos, software de codificación para transmisión desde teléfonos y tablets, software de codificación para envíos desde ordenadores portátiles, etcétera.

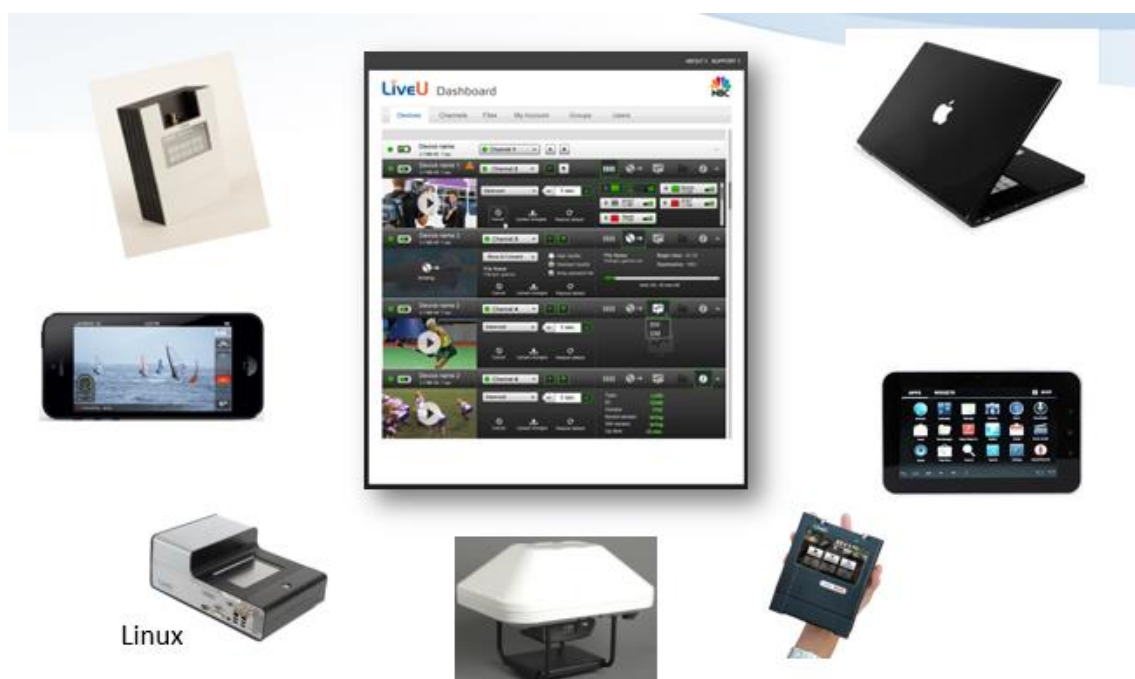


Fig. 258 Equipos y modelos de terminal LIVE U y aplicaciones

El terminal LU500 cuenta con ocho tarjetas y dos conexiones Ethernet para conexiones por satélite en banda Ka. El peso de la máquina está en torno a los 2 kilos. El control de la transmisión, monitorado y detalle de la operación se puede realizar desde una website central, denominada LU CENTRAL, donde los terminales se dan de alta una vez puestos en funcionamiento, de tal forma que el operador en el MCR tiene la posibilidad de manejar en remoto los parámetros del terminal. El operador en el MCR puede informar al operador de cámara,

situado en el punto desde el cual está efectuando la transmisión, del bitrate que está entregando, de la calidad de la señal y de las incidencias que se están apreciando en el enlace.



Fig 259 Terminal LIVE U

El modelo LU 700, es un terminal perfecto para instalar en MCR o puntos fijos e incluso en coches o Unidades Móviles. Cuenta con 7 procesadores internos. Permite entrada de video SDI con audio embebido, lo que le convierte en un transmisor que puede sustituir a la fibra óptica en determinados eventos y para producciones destinadas a streaming o que precisan un alto ancho de banda.

Instalado en un Centro Nodal, puede transmitir hacia un servidor LU1000 instalado en otra localización, por ejemplo una plataforma de producción de señales en directo en streaming, como LIVE!, reemplazando a la fibra o un radioenlace que uniría estos dos puntos. Al tener una entrada SDI, la señal que entrega el Nodal, puede codificarse y transmitirse hasta el server comentado, el cual cuenta a su vez con una salida SDI, de tal forma que finalizado el proceso se obtiene la señal original entregada en el Nodal.

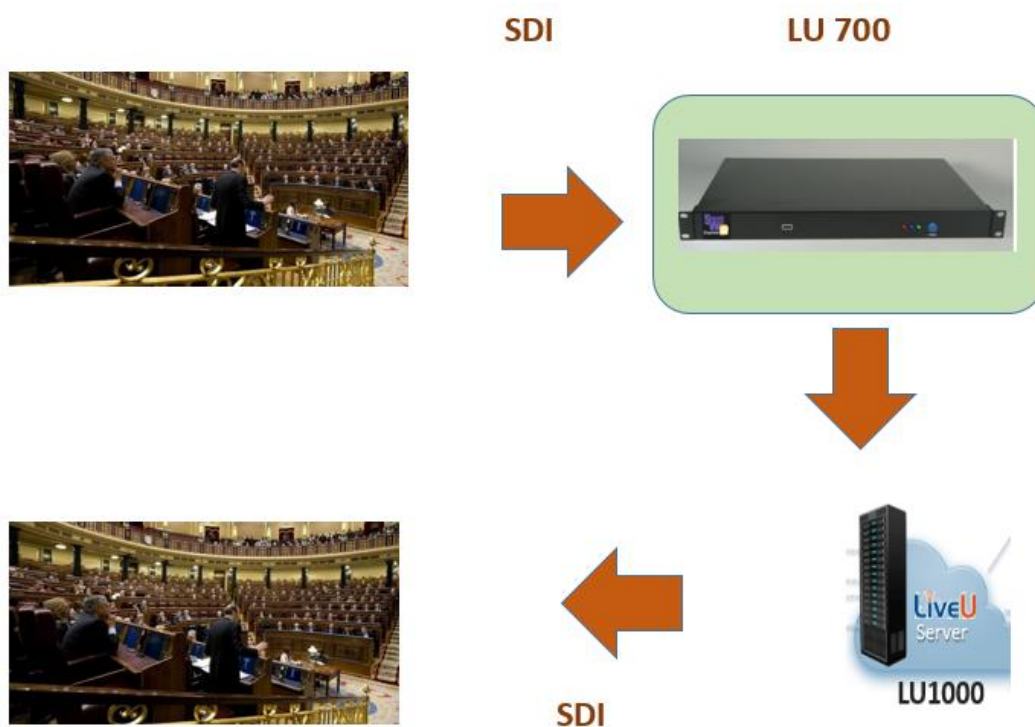


Fig 260 Equipos LIVE U como enlace permanente en un Nodal: Workflow

Es una solución eficiente y económica, que permite crear una red basada en una arquitectura parecida a la anterior. La distancia entre el terminal LU 700 y el server 1000 no debe de ser un inconveniente. Al ser transmisiones IP, lo importante es la red que une a ambos equipos, es decir la línea desde la que transmite el terminal LU 700 y la línea que recepciona los paquetes, en el lugar donde se ubica el server LU 1000.

Es posible que el área donde se desea la transmisión esté congestionada por la cantidad de usuarios haciendo uso de sus dispositivos móviles al mismo tiempo.

En este caso, es importante contar con equipos que sean capaces de ofrecer la máxima eficiencia. Uno de los parámetros fundamentales para conseguir este objetivo son las antenas de los terminales.

El equipo XTender cuenta con un array de antenas avanzadas capaces de superar condiciones desfavorables de ancho de banda. Este equipo, unido al terminal LU70, que cuenta con 13 modem o tarjetas SIM, es un tándem de una importante fortaleza, entre otros motivos porque eleva la recepción de las celdas de telefonía.

El equipo XTender se puede instalar en el techo del coche o la unidad móvil de producción



Fig. 261 Equipo XTender ubicado en un vehículo

Su uso como vemos en la figura da la posibilidad de trabajar de modo que no sea necesaria la intervención de los medios tradicionales que suelen usarse en estos casos, como vemos en el esquema

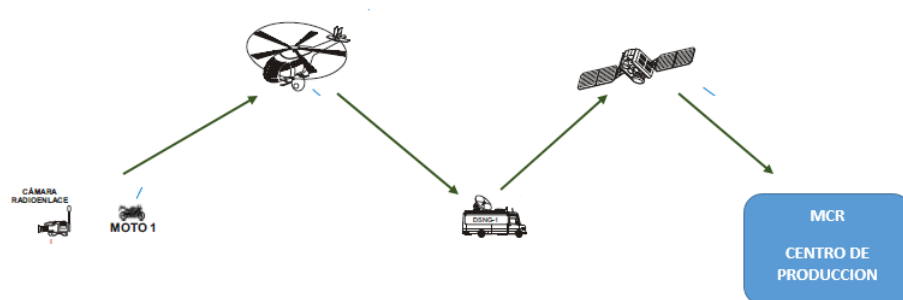


Fig. 262. Plan de producción tradicional para seguir una carrera popular en directo

La producción del mismo evento con conexión IP, mediante la configuración con Xtender y LU70, con bonding de los 13 modem es la siguiente

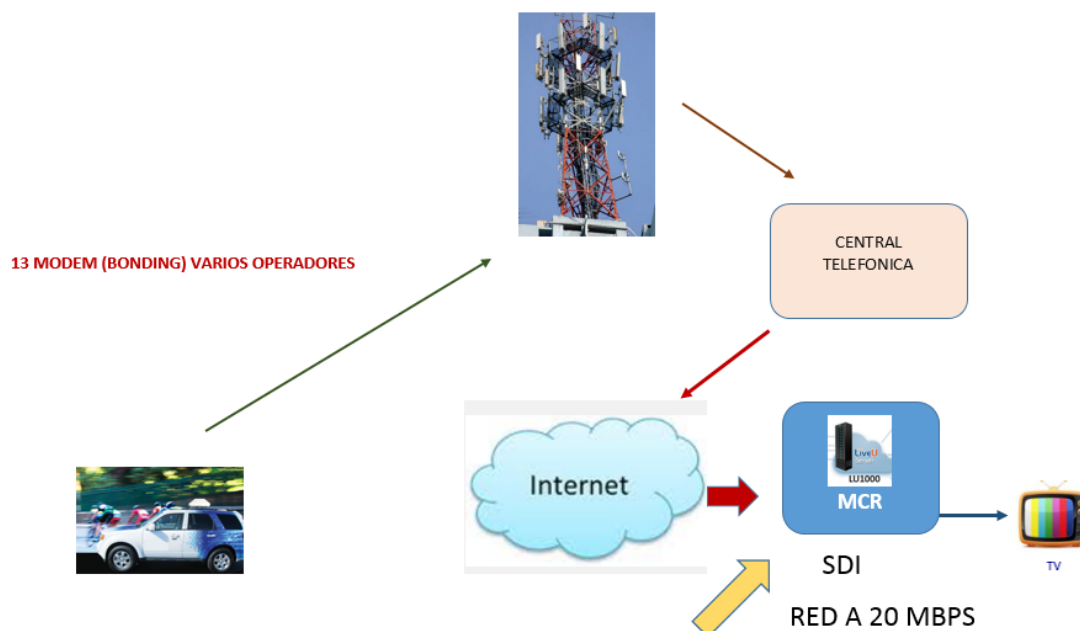


Fig. 263. La misma carrea transmitida con LU70 y Xtender

Como vemos, la señal en bonding de los 13 modem que contiene el terminal LU70, accede a la torre de telefonía la cual reenvía la señal de datos a la central telefónica correspondiente. Esta reencamina hacia la nube, de tal forma que los paquetes de datos alcanzan el server instalado en el MCR, que entrega la señal en SDI. Es muy importante que la red que asiste al server en el MCR tenga un caudal de bajada de la menos 20 Mbps para poder recepcionar la trama que alcanzará un bitrate de 10 Mbps, posiblemente.

El ahorro de costes es muy importante, ya que entre este esquema y el anterior, se han eliminado algunos costosos medios de producción, como helicóptero, moto con enlace RF, DSNG, enlace a satélite Ku, segmento espacial y recepción de señal. En el nuevo planteamiento de producción, el coste es el de consumo de telefonía correspondiente a las 13 tarjetas SIM, las cuales deberían de tener consumo ilimitado de datos.

Esto hace posible que muchas coberturas que exigen un importante despliegue en medios, se contemple como asequible en tanto en la participación de medios de producción como de personal de operación. El número de técnicos que han de participar en uno y otro esquema difiere en uno y otro planteamiento. En el

planteamiento IP del segundo esquema, el número de técnicos es muy inferior. Todo ello, tiene un efecto inmediato en los presupuestos de operación.

En determinadas coberturas, el equipo de televisión desplazado al lugar de la noticia o a la localización donde se produce parte de un programa o reportaje, tiene una serie de necesidades que pueden y deben ser compatibles con la transmisión IP.

Por ejemplo, precisan:

- Equipo de cámara para grabación de contenidos
- Estas grabaciones deberían ser editadas en el menor tiempo posible
- Sumar locución a la edición de imágenes
- Tratar el audio ambiente.
- Posiblemente añadir contenidos e imágenes de terceros
- Tener buena conexión a la Red.
- Envío rápido y seguro, FTP, al Centro de Producción
- Conectar en directo en el programa.

Se conjugan varios aspectos. Edición y transmisión. Un laptop u ordenador portátil dotado con un sistema de edición no lineal, solucionaría el asunto de la edición y locución. El laptop con un software como LU-Lite soluciona el problema del envío y la conexión en vivo.

La solución de Live U vinculada a laptops para Mac ofrece transmisión móvil vinculada rápida y confiable a través de laptops, usando hasta cuatro conexiones simultáneas Wi-Fi, LAN, celular y satelital. Con una interfaz de fácil manejo, el software LU-Lite es fácil de usar y altamente flexible, compatible con cualquier entrada de cámara proporcionada por su hardware.

El workflow se expresa en el siguiente esquema

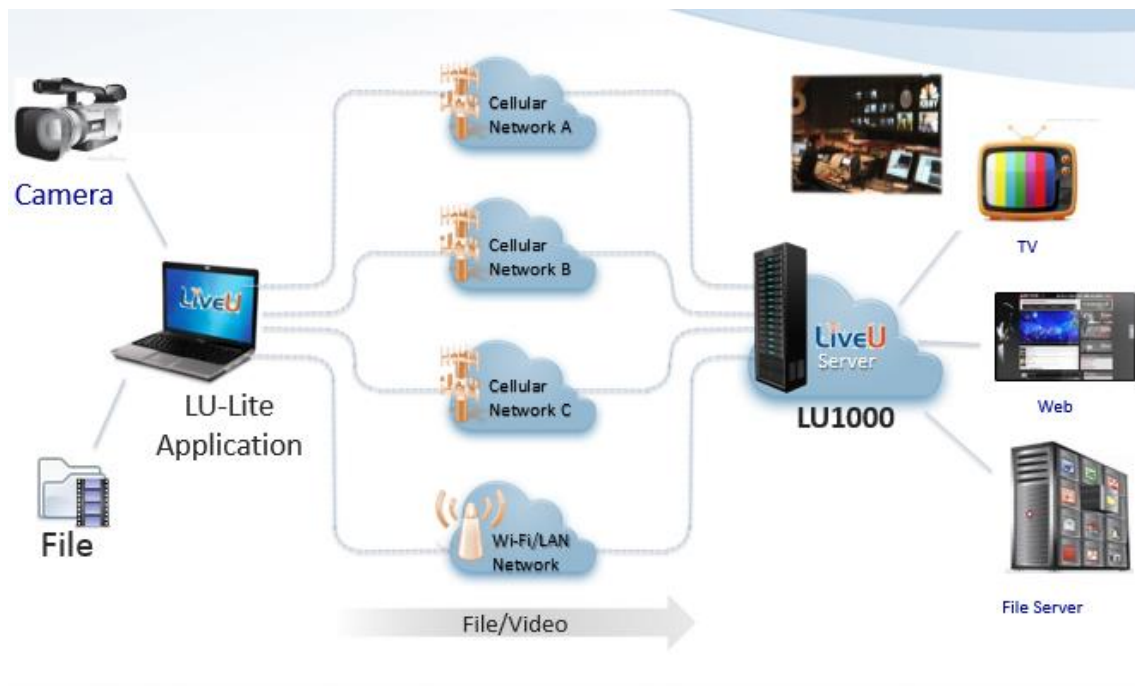


Fig 264. Worflow de trabajo con la aplicación LU-LITE

En la localización remota al MCR, el equipo hace uso de la conectividad de los tres modem de telefonía que, como se apuntó anteriormente, es aconsejable pertenezcan cada uno de ellos a un operador diferente, que hacen bonding sumando su velocidad particular a la arquitectura del sistema, alcanzando un bitrate considerable si la red es LTE. El equipo se conecta a red LAN mediante conexión Ethernet, para sumar velocidad a la conexión. El flujo confluye en el server instalado en el MCR, el cual tiene salida SDI para televisión, pero también puede reencaminar el flujo hacia un CDN para la emisión en streaming en la web de la cadena, y a la vez lleva los datos al servidor digital de la cadena para posteriores ediciones.

En definitiva, basado en la tecnología de enlace vinculado de cuarta generación de LiveU, el software LU-Lite ofrece una amplia variedad de aplicaciones y flujos de trabajo en producción de campo, incluyendo la transferencia de archivos, así como la función Almacenar y Reenviar (Store and Forward). También es posible la edición y la producción de entrevistas en vivo usando la cámara web del laptop. El software también incluye la función avanzada Comprimir y Reenviar para transferencias de contenido aún más rápidas.



Fig. 265 Interfaz de usuario de LU-LITE

Vemos el interfaz de la aplicación en la pantalla del laptop. Una de las funciones es la de mostrar el bitrate que el sistema está consiguiendo.

Aplicaciones para móvil.

Por último, en el desarrollo de esta tecnología nadie se ha olvidado del periodismo ciudadano, tan de boga hoy en día. Esta asignatura pendiente que todo el mundo quiere aprobar pero que parece difícil de superar, la tecnología IP tenía necesariamente que estar presente. En un mundo en el que los dispositivos móviles, teléfonos inteligentes fundamentalmente, están presentes en la vida de los ciudadanos, el hecho de idear que cada uno de esos teléfonos, muchos de los cuales dotados de una aceptable cámara de video son una gigantesca y universal potencial fuente de contenidos recogidos, además, en aquellas situaciones que la vida diaria ofrece inesperadamente, no es una utopía. Pero además, si la captación de esos momentos especiales y singulares se produce en riguroso directo, la idea cobra mucho más sentido y valor.

Para alcanzar esos objetivos es necesario contar con una aplicación que posibilite esa transmisión, que sea compatible con los principales sistemas operativos, IOS y Android, una localización, en la que está ocurriendo el hecho noticioso, que cuente con una aceptable cobertura de telefonía móvil y que el ciudadano esté por la labor, se descargue a aplicación, contacte con la cadena y por ultimo transmita, lo que, en la cadena de valor, es lo menos posible que ocurra.

Pero también es posible, que la cadena cuente con delegaciones en las que los periodistas y técnicos tengan teléfono móvil, susceptibles de bajarse la aplicación LIVE Smart de la que estamos hablando, Un periodista o técnico audiovisual con esta aplicación tiene una herramienta de trabajo dispuesta en todo momento a transmitir.

CAPÍTULO OCHO:

LA (RE) EVOLUCIÓN DE LAS TRANSMISIONES DE CONTENIDOS: LA BANDA KA

LA (RE) EVOLUCION DE LAS TRANSMISIONES DE CONTENIDOS

1. TRANSMISION A TRAVES DE SATÉLITES EN BANDA KA

Los nuevos satélites en banda Ka utilizan los beams regionales que esencialmente actúan de la misma forma que los tradicionales en las bandas C o Ku lo que proporciona mucha capacidad nueva y raw necesaria para satisfacer la creciente demanda de conectividad. Algunos satélites en banda Ka también incorporan una nueva tecnología que permite dirigir el beam, lo que añade una ventaja añadida en cuanto a flexibilidad y operatividad.



Fig. 266 Estaciones y antenas en Banda Ka

Los satélites en banda Ka proporcionan un mayor espectro que los satélites en banda C y Ku, lo que permite un mayor tráfico para ser transmitido. Muchas empresas están comenzando a estar interesadas ya que las pequeñas antenas que necesita para la recepción el usuario final (VSATs) hacen la operación más flexible por el aumento de movilidad que estas antenas proporcionan, un aumento del ancho de banda y velocidad de transmisión, convierten a las ventajas en una atractiva oferta.

En la próxima década se espera que la demanda de capacidad que ofrecen los satélites en banda Ka crezca, especialmente en el oriente medio, Asia y Africa.

Cuáles son las principales características de la banda Ka.

- Más capacidad satelital
- Aumento del rendimiento
- Mayor frecuencia de satélite
- Antenas más pequeñas
- Pequeña latencia
- Equipamiento menos costoso.
- Uso de la tecnología de beam dirigido
- Mayor ancho de banda y velocidad de transmisión
- Necesita menos energía
- Gran capacidad gracias a la reutilización de los spot beams
- Optimización de la capacidad de la banda ancha
- Un coste más económico por bit

1.1 ALGUNOS SATÉLITES EN BANDA KA

1. Yahsat Y1B 47,5° Este

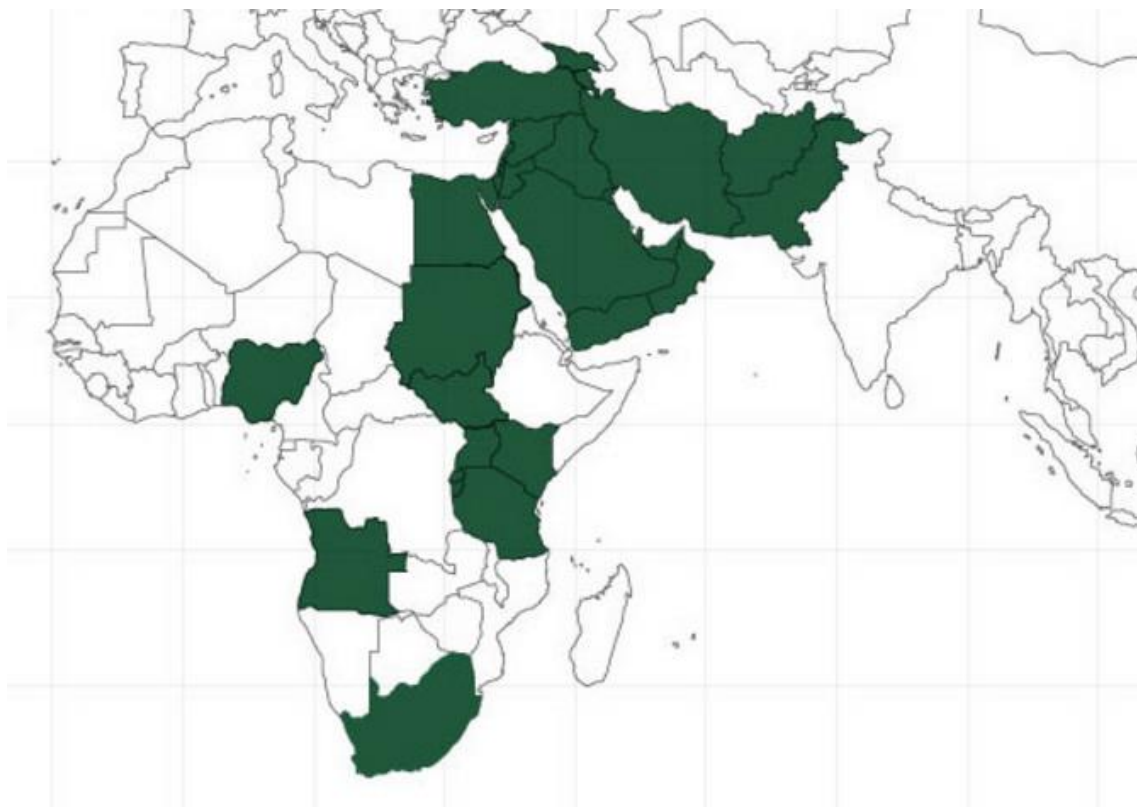


Fig. 267 Huella del satélite Yahsat

Fue puesto en órbita en Abril de 2012 en la órbita GEO por los Servicios Internacionales de Lanzamiento (ILS) con el vehículo de lanzamiento Proton Breeze desde el Cosmódromo en Kazakhanstan.

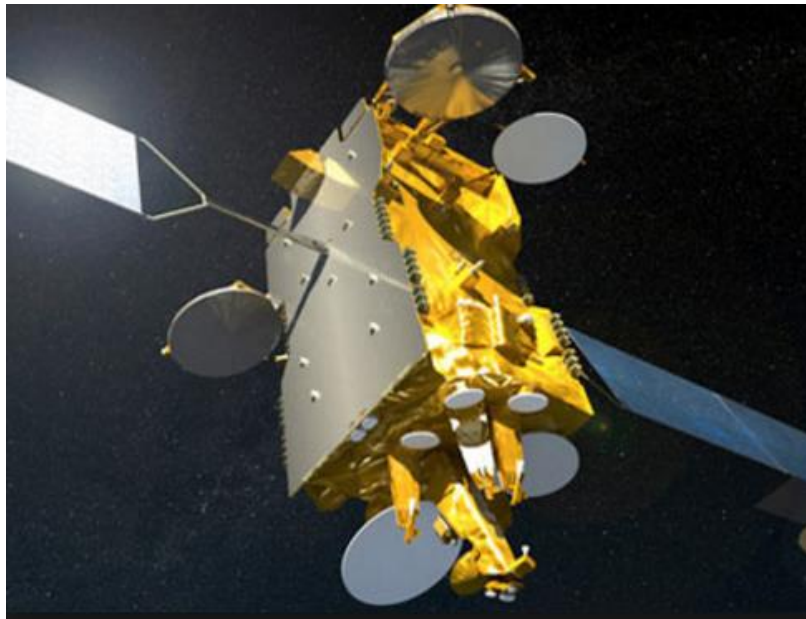


Fig. 268 Yahsat Y 1B

El satélite Yahsat Y1B proporciona una mayor conectividad en Oriente Medio, Africa y a las regiones de la zona sudoeste de Asia, ofreciendo servicios de comunicación en banda Ka tanto a instituciones gubernamentales como comerciales.

- a. Servicios ofrecidos por el Yahsat
 - + Conectividad a los hogares
 - + Conectividad a las empresas
 - + Conectividad a las Universidades e Instituciones educativas
 - + Conectividad a hospitales y corporaciones sanitarias
 - + Conectividad a la industria de Gas y Oil
 - + Conectividad a empresas no gubernamentales
 - + Conectividad a la industria de construcción, manufactura y desarrollo.
 - + Conectividad a hostelería e industria hotelera.



Fig. 269 Acceso al backbone de Internet a través del satélite Yahsat 1B

Los beneficios del uso de esta tecnología en la zona, son un acceso rápido y de calidad a Internet, correo electrónico y redes sociales.

Los múltiples planes de servicio varían en velocidad en las asignaciones de descarga de datos.

Amplio alcance de cobertura en las principales ciudades y zonas rurales.

Módem satelital puede poder soportar múltiples sesiones de usuario y múltiples PCs detrás de cada módem.

Fácil instalación y operación. Soporte técnico 24/7

1.2 Eutelsat Ka-Sat a 9º Este

Este satélite fue puesto en órbita por ILS en diciembre de 2010.

Ofrece servicios de banda ancha y soluciones para empresas en cuanto a redes de comunicación vía satélite.

La huella de sus spots beam se extiende por toda Europa como vemos en la figura, y algunas zonas del Norte de África.

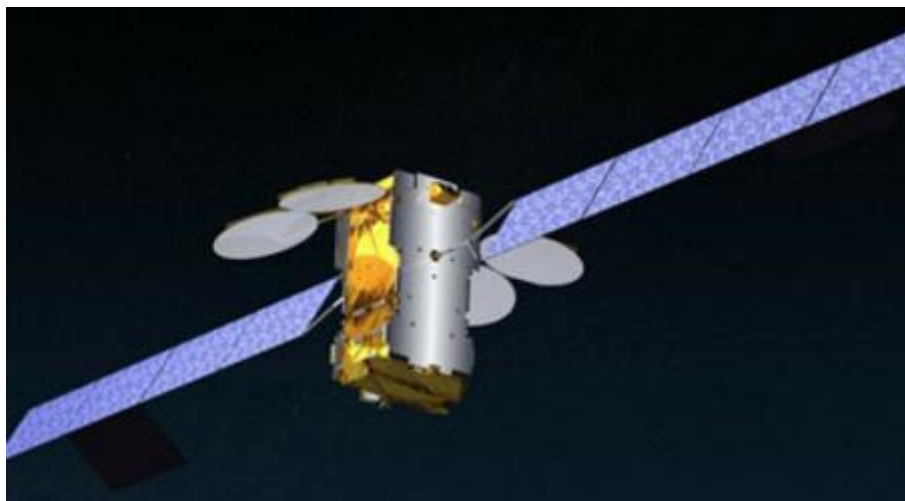
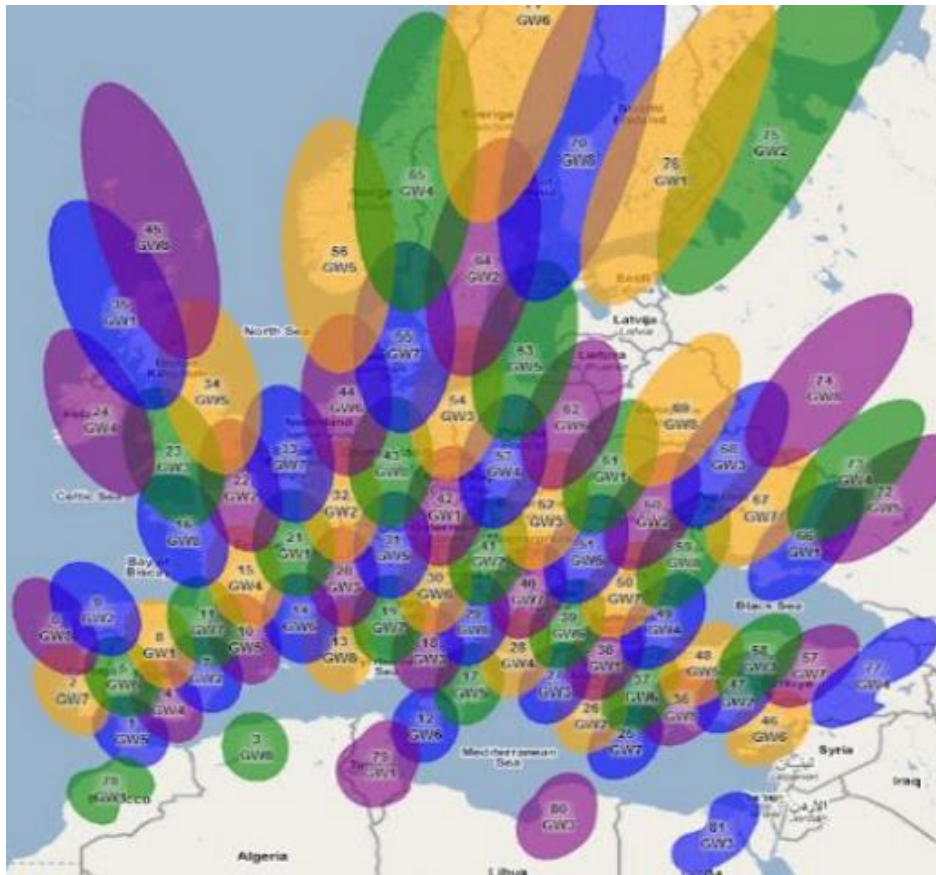


Fig 270 Spots beam de Eutelsat Ka-sat sobre Europa

a. Servicios que ofrece Eutesalt Ka-sat

El servicio Tooway, así conocido y prestador de servicios de conectividad a través del satélite Ka-sat, ofrece a los hogares un importante avance y mejora para acceso rápido a Internet vía satélite.

También proporciona soluciones a empresas para el desarrollo de sus negocios más allá de la lentitud que en determinadas circunstancias de cobertura

proporcionan las líneas terrestres, y ADSL, si es que estuviesen disponibles en una zona concreta.

Tooway ofrece paquetes de tarifa plana con velocidades de hasta 18 Mbps de bajada y 6 Mbps de subida. Con esa velocidad de subida es posible transferir archivos de gran tamaño sin demoras innecesarias.

Los servicios Profesionales que ofrece el satélite incluyen acceso a la Banda Ancha para corporaciones que buscan soluciones de red para el desarrollo de sus aplicaciones comerciales, pero también proporcionan a las cadenas de televisión servicios de transmisión de contenidos a través del satélite, así como a las instituciones gubernamentales intercambio de data entre sus instituciones.

Todo ello, si desea, a través de estaciones terrenas transportables SNG al modo de las transmisiones tradicionales en banda C y banda Ku.



Fig.271 Conectividad a Eutelsat Kasat desde SNG

El esquema muestra como una estación SNG conecta con el satélite para que la señal correspondiente sea bajada por las antenas TVRO que interrelacionan con las estaciones radioeléctricas de la red terrestre que encaminan los contenidos hacia los Broadcasters.

Con las mismas proporciones de ancho de banda y de precios ventajosos, Ka-sat también puede prestar servicios de transporte, incluyendo el seguimiento de IP de alto rendimiento y backhaul de red móvil

1.3 Avanti Hylas-2 a 31° Este

Fue puesto en órbita en Agosto de 2012 por el transbordador Ariane 5 desde la Guayana.

Proporciona cobertura y capacidad sobre Europa, Oriente Medio y Africa.



Fig 272 Satélite Avanti Hylas en banda Ka

Este satélite ha permitido cuadruplicar la capacidad de la flota de satélites Avanti.

1.4 Arabsat 5 C a 20° Este

En Septiembre de 2011 la corporación Arab Satellite Communications Organization (Arabasat) puso en órbita gracias al Ariane 5 este Arabsat 5C en banda Ka desde la Guayana Francesa.

Es satélite tendrá un potencia como nave espacial de 10 Kw cuando termine su vida útil a los 15 años de servicio desde su lanzamiento.

El satélite ofrecerá capacidad y conectividad y servicios de banda ancha a los países árabes, con una cobertura de 10 beams spots sobre Oriente Medio, como vemos en la figura.

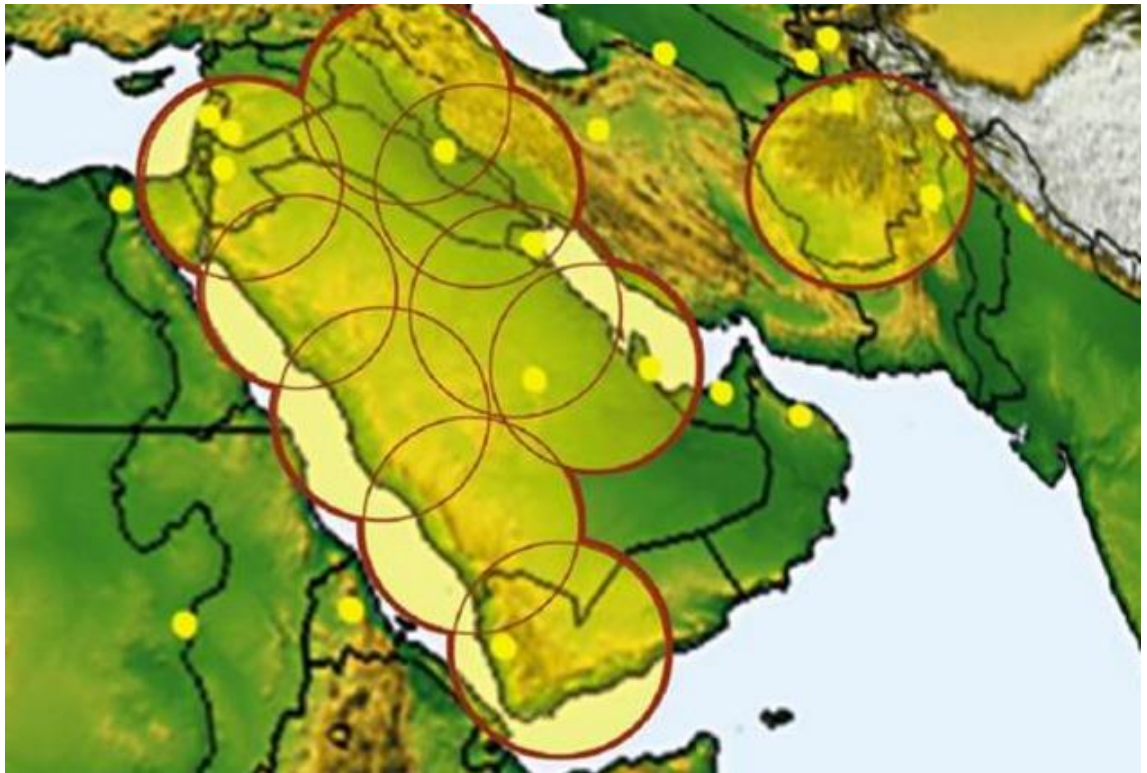


Fig 273. Huella del Arabsat 5 C

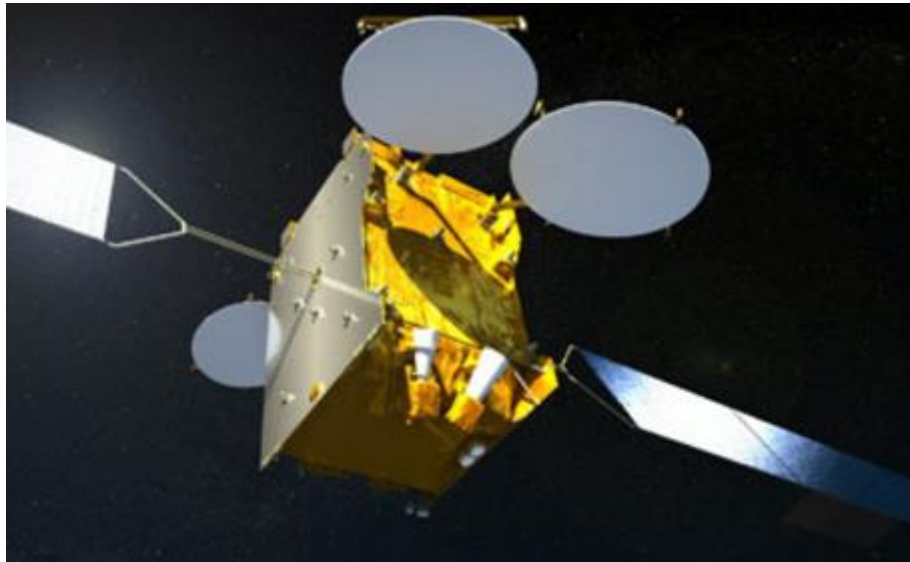


Fig 274 Arabasat 5 C en Banda Ka

SVS Telecom trabaja en la fabricación de antenas para satélite desde el año 2000, tanto en banda C y X, como Ku y Ka.

SVS comenzó a fabricar antenas motorizadas en el año 2011. El primer paso fue invertir en una división de Infraestructura e Investigación y Desarrollo.

Después del primer prototipo, la mejora del proceso fue desarrollándose día a día, desarrollando el mejor algoritmo para la operación de la motorización de la antena.

Todos estos procesos, dieron como resultado la aprobación y convalidación del estándar por parte de Eutelsat del sistema motorizado. La compatibilidad con las aplicaciones de Yahsat, harán las antenas compatibles con las operaciones en este satélite.

En estos momentos SVS realiza operaciones en tres categorías

- a. Producción de antenas motorizadas para banda Ka
- b. Construcción e integración de equipos en vehículos SNG en banda Ka
- c. Proveedor de servicios en banda Ka.

2. Producción de antenas motorizadas en banda Ka.

SVS Telekom desarrolla dos tipos de antenas, denominadas Antenas en modo Fly Away para Banda Ka y Antenas Drive-Away, o antenas para Banda Ka para ubicación en vehículos. Todas las antenas ofrecen una gran calidad en la operación, y una relación calidad-coste muy alta.



Fig 275 Antena para transmisión/recepción en Banda Ka

2. Construcción e integración de equipos en vehículos SNG en banda Ka

La introducción de la tecnología de transmisión en Banda Ka, ha traído un nuevo impulso al sector de los vehículos SNG.

Una importante rebaja de costes en los terminales técnicos, unas tarifas de acceso muy asequibles y un sencillo booking de operación son factores que hacen posible que se pueda reemplazar a las tradicionales SNG en las Bandas tradicionales de trabajo y a sus sistemas de contribución.

Los vehículos SNG en Banda Ka están listos para comenzar a desarrollar nuevos y propios diseños.





Fig 276 SNGs en Banda Ka

La base de estos nuevos diseños debe de ser la simplicidad, ya que el número de equipos que entran en juego en este tipo de transmisiones no son los que se utilizan en las tradicionales SNG en banda Ku o C.

Así en las SNG en Banda Ka los equipos técnicos imprescindibles para la transmisión son antena, modem y Encoder y una fuente de energía, un pequeño grupo electrógeno auxiliar, por ejemplo, para las operaciones de uplink. Con estos equipos es posible realizar operaciones de subida en HD a velocidades superiores a 6 Mbps.

Podemos comparar esta dotación con la que tiene una estación SNG en Banda Ku, que se muestra a continuación.

1. Renault Traffic
2. Antena Advent 1,20m
3. Controlador Antena Advent
4. HPA- up converter Xicom XTU-200k
5. Analizador de espectros (Rohde & Schwarz FSH3)
6. Codec- Modulador. Advent DVE5000
7. Upgrade Modulación DVBS2 para encoder/ Modulador para L1500
8. Controlador HPA Xicom, XTC-114D
9. Monitores

10. Mesa audio Work MMX-60
11. Monitorado Audio AEQ AEM-03
12. Distribuidor de video Alabala TL3100
13. Grupo electrógeno Honda

Es obvio que los vehículos tienen que ser muy distintos, ya que los equipos que van integrados en una DSNG en Ku necesitan un espacio determinado para la ubicación de equipos y personal de operación.

4. Proveedores de servicios en Banda Ka

Tras la puesta en órbita de los satélites Eutelsat Ka-sat y Yahsat, la compañía SVS se puso en marcha para mejorar la demanda de acceso a la red de los usuarios. Se ha puesto de manifiesto la necesidad de incorporar a proveedores de servicios dentro de las áreas de cobertura.

Por consiguiente, se han desarrollado una serie de equipos para la operación de uplink, como el modem, con el fin de unificar los servicios y terminales de operación.

Los modem para conexión con Eutelsat Ka-sat (a la izquierda) y Yahsat (a la derecha) se muestran a continuación



Fig 277 Modem para transmisión en banda Ka

Tanto en el acceso a Internet como para los servicios broadcast, el equipo modem es el mismo en el caso de estos dos satélites en Ka.

Sin embargo, otros operadores de satélite en Banda Ka trabajan con dos modelos distintos para cada uno de los servicios, acceso a Internet y servicios broadcast.

Los satélites de comunicaciones basados en las contribuciones en servicios de telefonía y datos se están distinguiendo de los satélites dedicados a la transmisión de programas de televisión por su gran capacidad de transferencia.

Mientras se están sustituyendo los cables de cobre por fibras ópticas y reemplazando las comunicaciones GSM 2G por las de 3G y ya por las LTE 4G, los satélites están realizando importantes cambios para mantenerse al día.

Después de comprobar las ambiciosas inversiones que ha hecho Eutelsat, otros operadores han revisado sus planes de negocio y han comenzado a invertir en una nueva generación de satélites en Banda Ka.

El regreso que los operadores de satélites han realizado a la comunicación (Banda Ancha se denomina ahora) está siendo sobresaliente.

Los procesos para transmisión IP son hoy un día una realidad tanto para Broadcasters como para operadores de telecomunicaciones. Eutelsat Ka-sat basa totalmente su operación en IP.

Los paquetes de servicio Newspotter diseñados para dar servicio al mundo de la Televisión han ocupado rápidamente su lugar en el sector, como resultado de soluciones muy fiables que ha traído la integración de esta tecnología con un incremento en la demanda por parte de los Broadcasters.

Una operación totalmente automática en el hardware, producto de la experiencia y conocimiento de los integradores de tecnología, que le permite conectar por sí mismo con el satélite, es algo que ya está listo para su uso por los Broadcasters, con terminales sencillos y fáciles de transportar, lo que es muy útil y práctico para los productores de contenidos.

En consecuencia, Eutelsat ha lanzado al mercado un producto llamado Newspotter para dar respuesta a la tecnología que demanda el mundo de la televisión, cumpliendo con una de sus máximas en transmisión de contenidos: “desde cualquier lugar, a cualquier hora que se necesite y con la velocidad de transferencia que sea precisa”

Las tecnologías de transmisión utilizada en los satélites en Banda Ku tienen unas grandes propiedades físicas, complejas en términos de variedad de sistemas en juego, que requieren una considerable cantidad de energía, y emplean importantes inversiones para su puesta en marcha y operación. Por tanto, las cadenas de televisión raramente trabajan con más de un sistema de transmisión

y suelen tender a solicitar a entidades y operadores la prestación de servicios propietarios y operadores de estos sistemas de conectividad. Una solución surgida en los últimos años se basa en el uso de la tecnología 3G. El tamaño de los equipos y su movilidad es una ventaja que el mundo de la televisión requiere, sin embargo los intentos de transmitir una gran cantidad de datos, como son los contenidos en video, usando la tecnología actual, incluida la de última generación LTE 4G, que además soporte voz y datos compartidos, depende más de la suerte que de otra cosa.



Fig 278 Servicios profesionales de video Newspotter en Banda Ka sobre Eutelsat Kasat

Señales seguras y potentes, emitidas sobre estrechas áreas de cobertura dimensionadas por los spots beam de los satélites en Banda Ka, y la posibilidad de ofrecer características similares de operación en las cuales el factor suerte se elimine, posibilita los ofertas de servicios de transmisión y recepción desde el punto que se desee, por el tiempo que desee y con la velocidad de datos que se requiera, cumpliendo con las norma broadcast, y todo ello dentro de unos costes de operación más que asequibles.

El hecho de que los Broadcasters utilicen el servicio Newspotter de Eutelsat les permite sumar a su flota de SNG o fly aways cuantos terminales quieran, tanto sean de operación manual como automática, consiguiendo una transmisión estable de señal HD desde cualquier parte de Europa y Turquía.

Es importante destacar que Newspotter garantiza solo la transferencia de video.

Resaltamos de nuevo, que los terminales de operación Newspotter se acoplan perfectamente en el espacio que hay en un pequeño vehículo, y que el montaje y preparación de los equipos de transmisión están listos para operar en un corto periodo de tiempo, además de ser operados por un solo técnico. La duración de la transmisión es potestad de los deseos del cliente, sin límite horario. Newspotter garantiza un bitrate estable durante el tiempo de transmisión, algo fundamental para transmisión de contenidos broadcast.



Fig. 279 SNG en Banda Ka

La flexibilidad, la rapidez de movimientos, la accesibilidad a puntos de la ciudad, el tamaño de los equipos, y la posibilidad de usar incluso la batería del vehículo son importantes ventajas de operación de los equipos Newspotter en Banda Ka.

5. La tecnología en banda Ka aplicada en el satélite Yahsat

La banda Ka, con una frecuencia de satélite más alta que las de C y Ku, ha sido capaz de incrementar notablemente los servicios de Banda Ancha. Tanto las Bandas C como Ku están limitadas y son incapaces de atender la demanda de conectividad que crece de manera exponencial en el mundo.

Por el contrario la Banda Ka ofrece las soluciones que se demandan hoy en día, aumentando el espectro de frecuencias en relación a las bandas C y Ku haciendo posible un gran volumen de tráfico de datos para ser transmitido a grandes velocidades de transferencia.

Gracias al uso de poderosos multi-beam spots y de un importante rendimiento de los servicios que provee el satélite, la banda Ka puede ofrecer Banda Ancha a cientos de miles de usuarios, mientras los satélites C y Ku podían solamente dar cobertura de conectividad a muchos menos usuarios, aunque con unos costes de puesta en órbita similares a los que tienen los satélites Ka.

La vanguardia de la tecnología en Ka de Yahsat ha hecho posible que sus usuarios puedan acceder a la Banda Ancha a través de pequeñas antenas de recepción similares en tamaño a las que se usan en los servicios DTH (Direct to Home) de televisión por satélite. El menor coste de esta solución y el hecho de que los suscriptores tengan confianza en la conexión vía satélite ha dado lugar a un retroceso en la implementación de la conectividad a hogar conocida como de última milla, tecnología basada en el cable de cobre y en ocasiones, si la zona geográfica lo permite, en fibra óptica, que a veces es la causa de interrupciones o indisponibilidad del servicio.

La demanda de conectividad a través de satélites en Banda Ka se espera que crezca de manera significativa en la próxima década, especialmente en la cobertura del satélite Yahsat, es decir, en África, Oriente Medio y el sudoeste asiático, zonas en las cuales las soluciones de tendido de cable entrañan una especial dificultad y un sobre coste en infraestructuras.



Fig 280 Servicios YahClick

YahClick es el servicio que constituye el buque insignia de la Banda Ancha por satélite. Está pensando para impulsar el acceso a la Red desde localizaciones remotas y como conexión confiable y de back up en hogares y en empresas que no pueden permitirse un corte en su conexión con Internet. A finales de 2014 el servicio estaba disponible en 28 países de su zona de cobertura.

YahClick ha elegido a sus partners entre aquellos que entienden los requerimientos de cada país y zona geográfica, llevando consigo soluciones de conectividad rápidas y de fiabilidad



Fig 281. Internet global por satélite

La arquitectura técnica en la que se basa el proyecto, implica una conexión a Internet vía satélite Yahsat, el cual entrega un upstream o flujo de datos de subida (outgoing) y una bajada de datos de bajada downstream (incoming) desde y a un PC o Mac. La computadora propiedad del usuario final puede tener una conexión rápida a Internet vía una conexión Ethernet al módem de YahClick. La computadora puede conectarse al módem directamente o conectarse a un router adjunto de forma inalámbrica.

Los terminales que proporciona YahClick en el momento de suscribirse al servicio son un pequeña antena de 74 o 98 cm de diámetro junto con el dispositivo de Recepción/Transmisión y el modem. La antena puede ser montada en el tejado, anclada en la pared o en un poste en la tierra. Una vez instalados los equipos, la computadora del usuario envía una petición de conexión al módem el cual pasa la petición al satélite a través de la antena. El satélite recibe la señal y la envía a uno de los puertos de entrada de YahClick, La petición va entonces a Internet Backbone (red de conexiones troncales de Internet en el mundo) que recupera la web solicitada de los servidores web. El

ciclo se invierte entonces y la solicitud de datos es reenviada al computador del usuario final, por el mismo camino de vuelta.

6. Ka vs Ku

Los nuevos satélites en Banda Ka han irrumpido en el mercado copado hasta el momento por las tecnologías Ku y C.

Las características de cada una de las dos tecnologías, Ka y Ku difieren entre sí en aspectos significativos.

Veamos un cuadro comparativo, que muestra la cobertura de ambos sistemas centrada sobre el Reino Unido y parte de Europa Occidental.

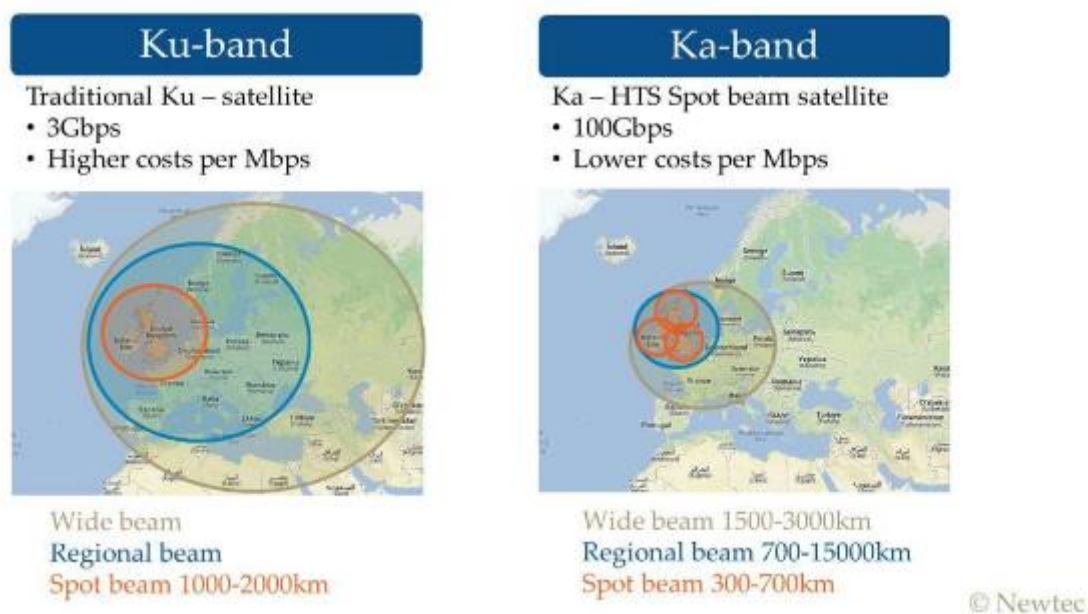


Fig 282 Spot beam en Ku y Ka

Observamos varios detalles interesantes. En primer lugar el tamaño del Wide Beam (gris) cuya huella cubre Europa y parte del Norte de África y zonas del sudoeste asiático, el Regional Beam (azul) más estrecho y el Spot Beam cuya huella abarca entre 1000 y 2000 km.

En el caso de banda Ka, las huellas son muchos más estrechas. Su Wide Beam cubre menos que lo que cubre el Regional en Ku, el tamaño de la huella Regional está entre 700 y 1500 Km y el Spot Beam se centra sobre el Reino Unido con 3 Spots diferenciados, con una cobertura entre 300 y 700 Km.

Por tanto la concentración de energía de los haces que iluminan la zona desde el satélite es mucho mayor en el caso de Ka que en el de Ku.

Por otro lado, vemos la velocidad o bitrate que ofrece cada uno de ellos, capacidad que debe ser compartida entre los usuarios destinatarios del servicio. En el caso de Ku es de 3 Gbps y en el de la Banda Ka es de 100 Gbps, más de 30 veces superior este sobre la primera. Por consiguiente, el coste por bit transmitido es mucho mayor en el caso de la banda Ku que en el de la banda Ka.

Por consiguiente, la Banda Ka difiere de la Banda Ku en varios aspectos fundamentales, entre ellos la frecuencia y el tamaño de su Spot. La banda Ku cuya frecuencia se sitúa en los 14 GHz, posee la mitad de la frecuencia de satélite con la que trabaja banda Ka, que es de 28 GHz. Además, como valor añadido, la Banda Ka hace uso de la tecnología aplicada a los spots beam para redirigirlos y reutilizarlos hacia otras áreas de cobertura. Esto se contrapone a la tecnología aplicada banda Ku, que cubre grandes zonas con un solo beam.

Por otro lado el ancho de banda de un transponder en un satélite en Banda Ka se sitúa entre los 300 y 600 MHz, en contraposición con los 27 MHz de ancho de banda que tienen los transpondedores en banda Ku. Todo ello, más los avances en la tecnología de transmisión en redes VSAT, hace que el rendimiento en Ka sea entre 10 y 100 veces superior al de la Banda Ku.

Sin embargo, y a pesar de las enormes ventajas que ofrece la frecuencia Banda Ka también trae consigo algunos inconvenientes. El mayor de ellos es el desvanecimiento de la señal debido a la lluvia, nieve, niebla o hielo. Esta degradación por las condiciones atmosféricas puede alcanzar los 4 dB/sg, mientras con las mismas condiciones adversas la banda Ku apenas llega a 1 dB/sg.

Otro de los inconvenientes a los que se ha de enfrentar actualmente los usuarios de la Banda Ka es la cobertura. Debido al estrecho tamaño de los spots de un satélite en Banda Ka, la mayoría de los satélites que en estos momentos están en operación solo cubren ciertas regiones y no la totalidad de zonas. En el caso de España, la Banda Ka está operativa en todo el territorio peninsular, pero no en el insular de las Islas Canarias que queda fuera de la huella de Eutelsat-Kasat y precisamente Canarias sería una zona donde más sentido tendría los servicios de conectividad que ofrece la Banda Ka. O como vimos en la huella del satélite Avanti HYLAS2 solo cubre algunas zonas de Europa, entre ellas España, parte del Norte de África y zonas aislada del sur del continente más alguna zona de Oriente Medio.

En el futuro, la industria satelital tiene que caminar hacia una combinación de tecnología entre Ku y Ka, haciendo mucho más flexibles los servicios que ofrecen unos y otros, y evitando, como ahora, el hecho de tener que elegir entre Ku o Ka.

Para ello se están desarrollando cierto tipo de terminales, con el objetivo de proporcionar una ruta de migración fácil y de bajo coste de la Banda Ku a la Banda Ka, reemplazando el LNB pero manteniendo el módem y la antena. Newtec es una empresa líder en tecnología que está invirtiendo en este proyecto de integración.

| VENTAJAS DE LA BANDA KA | QUE HA DE MEJORAR |
|--|---|
| Disponibilidad de mayor ancho de banda orbital | Desvanecimiento por lluvia, nieve, niebla, etc. |
| Mayor incremento de capacidad | Mayor distribución de cobertura zonal |
| Reutilización de la frecuencia hasta 100 Gbps | |
| Reducción del coste por bit transmitido | |
| Terminales de operación pequeños | |
| Soporte de conectividad a más de 1 millón de usuarios por satélite | |

La decisión sobre si usar una u otra Banda no está clara todavía. La importante ventaja del rendimiento de Ka no es suficiente justificación, vistos los inconvenientes, como para emigrar de una a otra. La degradación de señal por lluvia y el problema de zonas sin cobertura varían dependiendo de quién es el cliente del satélite y cuál es su situación geográfica específica.

Esto significa hacer amplias generalizaciones sobre cualquiera de los factores, lo que no resulta muy adecuado. Cada sistema debe ser evaluado en consonancia con las necesidades y requerimientos que se den en cada caso.

La Banda Ka ofrece una enorme oportunidad a los ciudadanos y a las empresas para acceder a la Banda Ancha, con terminales de bajo coste, eficiente uso de los recursos del satélite, servicios de acceso asequibles desde el punto de vista económico, y una fácil y sencilla operación e instalación de equipos. Otras aplicaciones que soporta perfectamente los satélites en Banda Ka están dirigidas hacia la captación de noticias y su posterior y rápido envío a la Redacción o IP trucking que no es más que una extensión de la VoIP, donde varios usuarios con la misma conexión a Internet, usan VoIP para enviar y recibir datos.

En algunas zonas en las cuales los fenómenos atmosféricos adversos no son habituales, la Banda Ka también puede usarse para distribución de la Televisión Local.

Otras aplicación de interés es considerar los satélites en banda Ka para configurar una red VSAT, pública o privada de acceso a Internet, distribución de datos y contenidos. El modo en que trabaja una red VSAT se muestra en el siguiente esquema. El satélite puede trabajar en Ku o Ka.

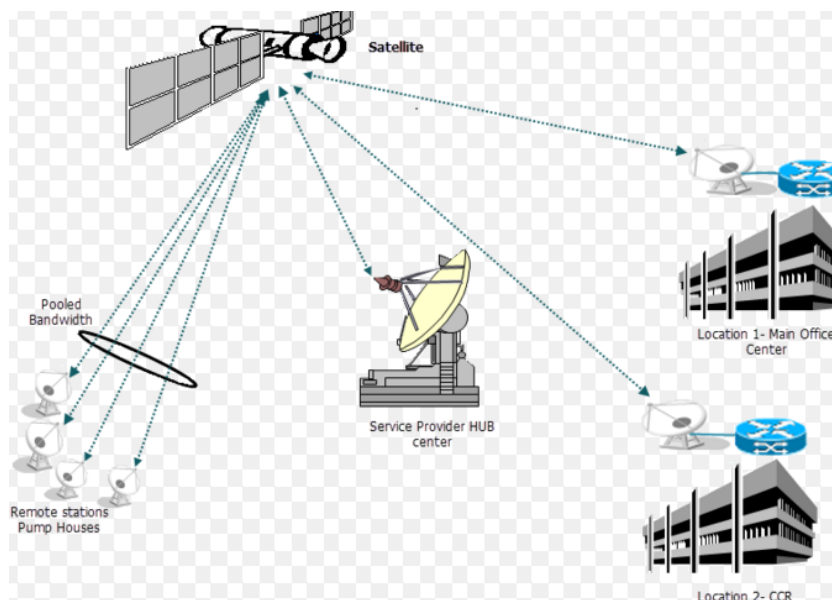


Fig 283. Red VSAT

Para la producción de noticias, trabajar con satélites en banda Ka es una gran ventaja, sobre todo para el envío de los materiales de grabación con rapidez y fiabilidad a su Centro de Producción. Hoy en día, gracias a las rápidas redes con las están dotadas las grandes ciudades, es habitual el envío de contenidos por FTP. Para ello, como decimos, es imprescindible una buena conexión para que la transferencia de archivos al servidor correspondiente situada en el MCR de la televisión sea lo más ágil posible. Cuando esto no es posible o no está suficientemente garantizado es cuando entran en juego los satélites en Banda Ka que proporcionan la deseada conexión de calidad, rápida y fiable. Además el tamaño de los terminales, su poco peso y flexibilidad, permiten a los equipos de producción una sencilla operación y un cómodo transporte.

La pequeña latencia del sistema, hace posible, además, una interacción con el estudio, de tal manera que las conexiones en directo a través de Banda Ka son una opción económica y fiable, máxime si como ocurre con Newspotter se garantiza un flujo constante de datos durante la conexión. Los presentadores pueden preguntar a los periodistas sin que el retardo de satélite sea un obstáculo.

Las transmisiones en vivo al estudio se pueden realizar desde las localizaciones necesarias, apoyándose en las estaciones SNG en Ka que vimos anteriormente,

vehículos pequeños, algunos en modo 4x4, que pueden acceder a puntos donde una DSNG tradicional en banda Ku no llega.



Fig 284 Conexión en directo a través de Banda Ka

El siguiente cuadro nos da una idea de cuáles son las aplicaciones en las que se utilizan las bandas C, Ku y Ka.

| APLICACIONES | BANDA C | BANDA Ku | BANDA Ka |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|
| Banda Ancha | | ** | *** |
| Redes VSAT | * | *** | ** |
| Producción de noticias | * | ** | *** |
| IP Truncking | *** | *** | ** |
| Contribución de video e intercambio | ** | *** | * |
| Distribución de video | *** | ** | * |
| Direct To Home (DTH) | ** | *** | * |

Es posible superar algunos de los inconvenientes antes comentados que tiene la Banda Ka con la aplicación de otras tecnologías asociadas a la transmisión de datos. Por ejemplo, haya empresas, que disponen de HUB, o centros de operación centralizados, para extender el alcance los servicios IP. El satélite HYLAS 2 de Avanti, usa los servicios de Banda Ancha del HUB de Newtec para este cometido, con lo que puede proporcionar mayor conectividad.

Los clientes de Avanti están en disposición de ofrecer una Banda Ancha real para el desarrollo de negocios B2B (business to business) ó B2C (business to consumer) en su zona de cobertura satelital (Africa, Oriente Medio, Asia Occidental) Uno de los clientes de Avanti que hace uso de la implementación ofertada es el proveedor de acceso a Internet Bentley Walker, el cual se apoya en el HUB de Newtec para la entrega de Banda Ancha en Libia.

Para reducir el impacto del desvanecimiento por lluvia, Newtec ha lanzado FlexACM para reducir el impacto de la lluvia y las interferencias. Trabajando sobre la modulación y la codificación, FlexACM introduce también factores de corrección del ruido y la distorsión, que cuidan de las pequeñas variaciones y del rendimiento del enlace con el objetivo de conseguir el mayor rendimiento adaptativo a las condiciones de transmisión.

FlexACM se usa en transmisiones punto a punto (IP backbone) dedicadas, y punto a multipunto (IP trunking) como son los servicios que un satélite brinda a una de las zonas de su cobertura, en modo simplex, es decir en una sola dirección, satélite-tierra o en modo dúplex con retorno del canal en el satélite hacia el punto de origen de la señal.

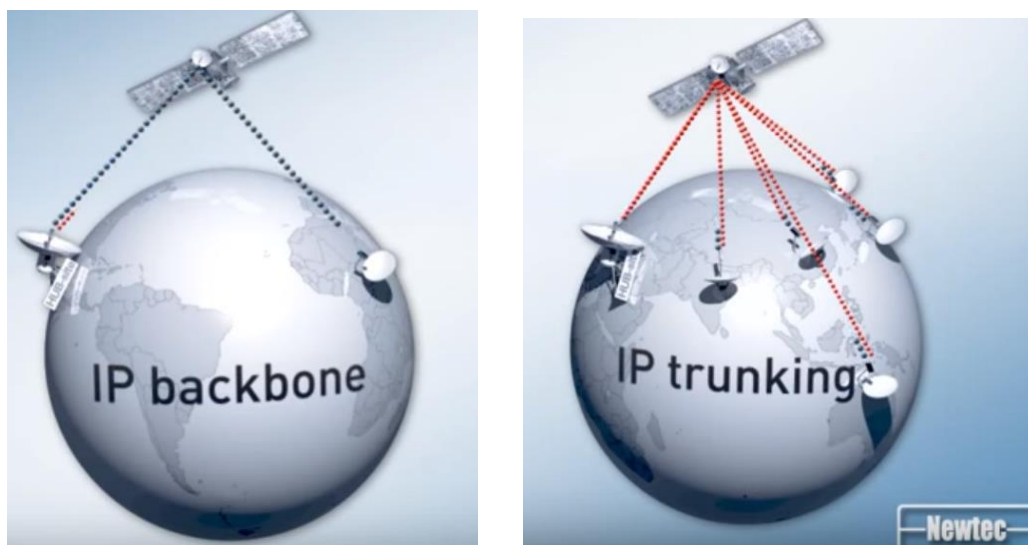


Fig 285 Enlaces backbone e IP trunking

La comparación de FlexACM con un puzle es un buen ejemplo de como trabaja el sistema. Todas las piezas, en este caso, todas las aplicaciones de tecnología, encajan como lo hacen las piezas en un puzle. Estas aplicaciones tecnológicas son tecnologías avanzadas tales como DVB-S2, ACM, NoDE (Noise & Distorsion Estimator) y otras. Todas las piezas contribuyen individualmente para optimizar el enlace IP por satélite. Una vez puestas juntas estas piezas se alcanza un enlace satelital a pleno rendimiento. De extremo a extremo.

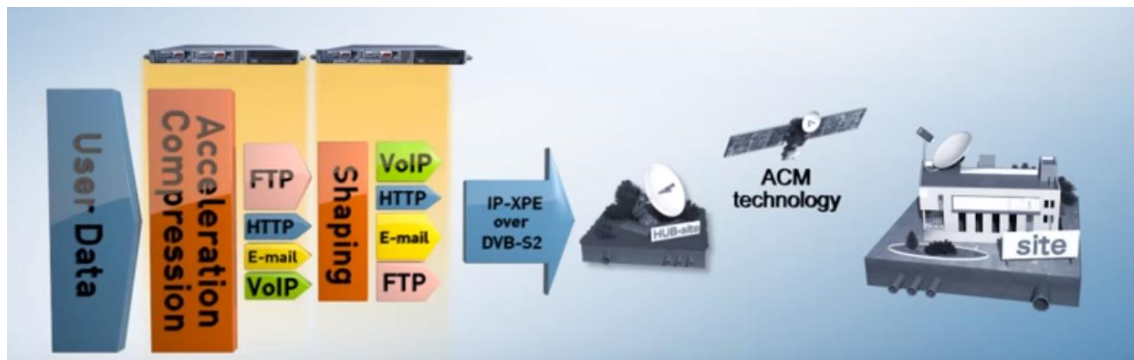


Fig 286. Enlace satelital en Ka con tecnología ACM

Como vemos en el esquema los servicios de datos, FTP, HTTP, e-mail y VoIP después del proceso de compresión pasan por el proceso de Shaping. Este trata de controlar eficientemente el tráfico en la red para optimizar el rendimiento del enlace y conseguir una baja latencia. Finalmente la trama está lista para el enlace satelital sobre DVB-S2.

La señal en el satélite es tratada mediante la tecnología ACM (Adaptive Coding & Modulation) una técnica que adapta la modulación y la codificación. En ACM la codificación y la modulación son adaptativas y no estáticas, lo que permite cambios dinámicos en el rendimiento del usuario. La tecnología ACM ofrece un aumento en el caudal de datos, consiguiendo un margen de seguridad, en los enlaces por satélite. El desvanecimiento, la lluvia, la operación con satélites de órbita inclinada, antena apuntado erróneamente, el ruido y la interferencia son factores que degradan las condiciones de un enlace por satélite. Estas condiciones determinan el margen global de un sistema de enlace.

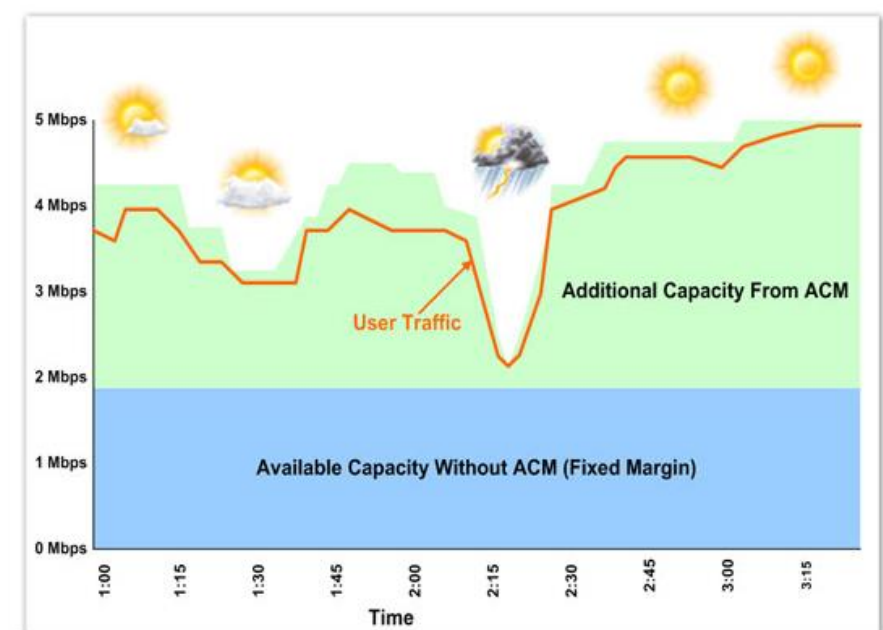


Fig 287 Enlace Ka con tecnología ACM

El grafico nos muestra como el margen introducido por la tecnología ACM con una capacidad adicional de datos sobre la capacidad establecida con un margen fijo, permite soportar mejor incidencias como la de la lluvia.

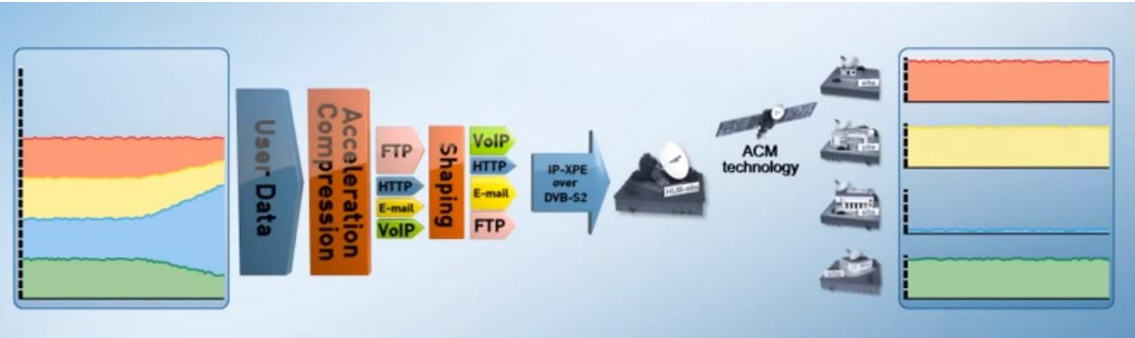


Fig 288 Distribución uniforme del ancho de banda

La adaptación de la modulación y la codificación permite distribuir uniformemente el ancho de banda asignado a cada servicio (los colores usados coinciden con los servicios, por ejemplo, email amarillo)

El siguiente cuadro nos ofrece los terminales que son compatibles con dos de las bandas y con las tres, C, Ku, Ka.

Nótese, que el cuadro hace referencia a los moduladores.

| KA-BAND SATELLITE TERMINALS | |
|--|---|
| <p>Main Advantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ease of Installation • Optimal availability and efficiency • High service satisfaction • Easy to use web GUI • IPv4/IPv6 | <p>Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internet/Intranet Access • Private Networks • Enterprise Connectivity • Broadcast Contribution • Broadcast Distribution |
| <p>Ka/Ku MDM2200</p> <ul style="list-style-type: none"> • Low Cost • 22/3.5 Mbps Down/Up • Interactive LNB • Ka ODU Portfolio <ul style="list-style-type: none"> • 75cm, 1m • 2W Ka | <p>Ka/Ku/C MDM3100</p> <ul style="list-style-type: none"> • High Performance • 45/5 Mbps Down/Up • Full ODU Flexibility • Ka ODU Portfolio <ul style="list-style-type: none"> • 1m, 1.2m • 3W Ka |

Fig 289. Moduladores en Ka/Ku y en las tres bandas

En el primero de ellos, MDM200, el bitrate es de 22 Mbps de bajada h 3,5 de subida.

El segundo MDM 3100, el alcance es superior, 45 de bajada y 5 Mbps de subida, un bitrate en la operación Uplink que reúne las condiciones de velocidad y transferencia que precisa la televisión.

Ambos son perfectos par envíos FTP al Centro de Producción.

ODU, o Unidad Exterior, corresponde a un equipo de radio que se instala junto a la antena realizando las funciones de procesamiento y adecuación de la señal antes de la transmisión.

7. VSAT

Como ya hemos comentado anteriormente, VSAT es probablemente uno de las más prometedoras aplicaciones para su integración con Banda Ka.

La introducción de la Banda Ka ha tenido un profundo efecto en la industria de las comunicaciones vía satélite y particularmente en la cadena de valor de los servicios VSAT. La reciente evolución en la operación de satélites con la llegada de Ka se ha considerado una amenaza y al vez una oportunidad para los proveedores de VSAT, y con algunos actores protagonistas preguntándose qué rol jugarán en el futuro desarrollo de la industria.

Mientras los proveedores de servicios VSAT solían ser capaces de crear una diferenciación dentro de su propia oferta, en Estados Unidos ahora están en contra de los principales HTS (High Throughput Satellite) satélites de alto rendimiento que proporcionan al menos dos veces el rendimiento de un satélite en Ku. Via Sat-1 y Echo Star XVII ofrecen más de 100 Gbps, más de 100 veces el que ofrece un satélite convencional, ya que la industria americana está ofreciendo este tipo de servicios con sus propios equipos y con sus satélites domésticos. ...

El diseño habitual de trabajo de los satélites en Ka a menudo se apoya en una red terrestre propia para conexionar puntos geográficamente muy separados que los spot puntuales no alcanzar a cubrir, algo que sería un impedimento para que los estaciones terrenas VSAT pudiesen acceder libremente a estos satélites.

Las redes abiertas en las que distintos telepuertos pueden acceder, se están convirtiendo en algo cada vez más común en la industria, de tal manera que las redes propietarias están pasando a un segundo plano. Por esta razón, los proveedores de VSAT están comprando grandes paquetes de segmento espacial en satélites HTS, como son los satélites en Banda Ka. Eso les permite acceder a esos paquetes de capacidad espacial adquirida desde sus HUB o Centros de operación y con los terminales con los que decidan operar. Llevando

a cabo esta posibilidad, pueden adaptar su oferta de servicios de acuerdo a las necesidades de los usuarios finales y clientes.

La Banda Ka no es solo la siguiente generación en la expansión de la industria satelital, después de la explotación de Ku. Es una nueva arquitectura de trabajo en una flota de nuevos satélites, una novedosa gestión del ancho de banda, con el objetivo entregar la mejor calidad a la vez que la más velocidad más rápida de conexión.

La tendencia a utilizar satélites en la banda Ka para transmisiones de datos mediante equipos VSAT se va abriendo paso. Esto se debe, fundamentalmente al mayor ancho de banda con el que cuenta la banda Ka y a la reutilización de frecuencias mediante el uso spot estrechos. Pero no debemos de olvidar que también la banda Ku, en determinadas condiciones, puede ser tan buena como la banda Ka para estas transmisiones de datos, aunque su capacidad, como hemos visto anteriormente, es menor que en la que tiene la Banda Ka, implementada precisamente para ofrecer dicha capacidad.



Fig 290 Terminales VSAT

A pesar de que la banda Ka tiene los inconvenientes que hemos estudiado anteriormente que, por otra parte, pueden ser mitigados, y mientras no haya una respuesta clara a la pregunta si la tecnología en Ka es positiva o no, nadie puede negarle que ha supuesto una autentica (re) evolución e impulso en la industria de las comunicaciones por satélite.

En algunas ocasiones, las grandes ventajas de la banda Ka no se hacen patentes por si mismas, pero en lo que respecta a la producción de noticias para televisión, en lo que atañe al consumidor y a las empresas que proveen Banda

Ancha, dichas ventajas se manifiestan con claridad, de tal manera que la conclusión al respecto es rotunda: la Banda Ka es un éxito.

El incremento de la implementación de esta tecnología en el mundo es cada vez más importante. El siguiente gráfico nos da una idea de conjunto de su uso.

THE RAISE OF HTS KA-BAND SPOT BEAMS

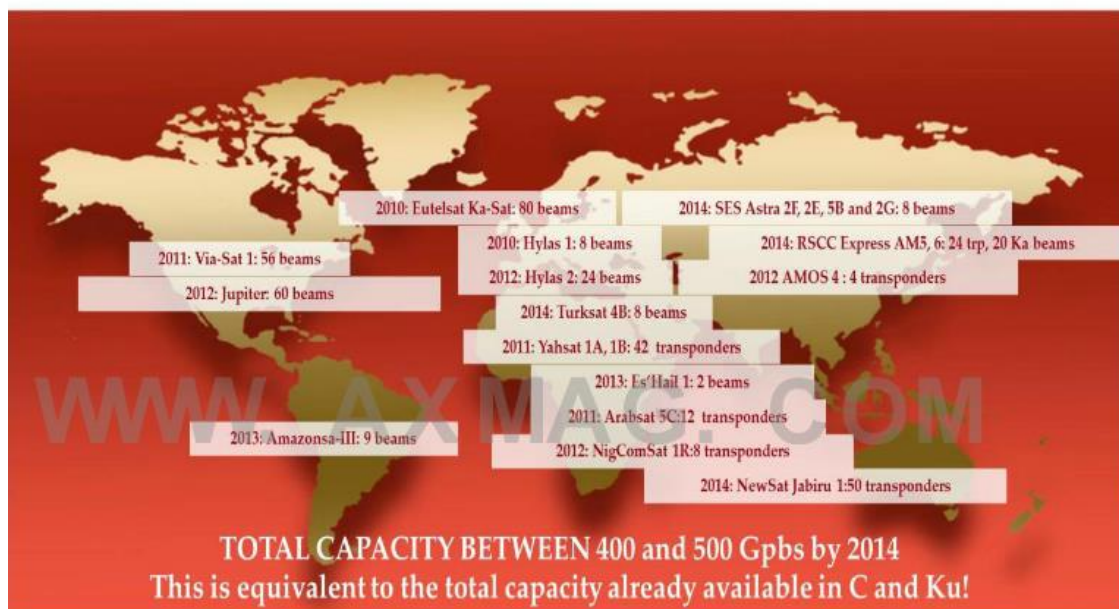


Fig 291 Satélites Ka en el mundo y spots beam y capacidad de cada uno

La capacidad ofertada por los satélites Ka que aparecen en el mapa, de cerca de 500 Gbps, da muestras de la gran relevancia que para la sociedad de la información en la que vivimos tiene esta tecnología. Eutelsat Kasat en Europa con 80 beams, cubriendo prácticamente todo el continente, los 42 transponder de Yahsat, los 24 beams de Hylas, los 60 beams de Júpiter 1 (Echo Star XVII) y los 56 de Vía-Sat en USA, los 9 beams del satélite de Hispasat Amazonas 3 para Latinoamérica, los 50 transponder de New Sat Jabiru en Asia, etcétera, son parte del potencial que la Banda Ka está adquiriendo en el planeta. Gracias a ella, el acceso a Internet para millones de personas es posible, a pesar de las condiciones sociales e infraestructuras que se hayan desarrollado en su entorno.

Los sistemas en banda Ka con spots muy estrechos y aplicando la tecnología precisa para efectuar la reutilización de frecuencias cubren una porción de territorio relativamente pequeña respecto a los satélites que trabajan en banda Ku. Esto supone una inconveniente en cuanto a la cobertura de los satélites Ka, frente a los Ku. Se ha estudiado la posibilidad de que los satélites Ka hagan uso de spot más amplios para cubrir una mayor superficie, sin embargo debido a la

alta atenuación que se produce en la banda Ka, el rendimiento empeora de forma inevitable.

Hispasat 1-E, satélite híbrido en Ku y Ka, es un ejemplo del uso de la banda Ku para transporte de datos. A esta tecnología se la conoce como KuIP para diferenciarla de la Ku tradicional. Los transponder en Hispasat 1 E destinados a transporte de datos pueden ser perfectamente válidos y ofrecer velocidades suficientes en los enlaces de bajada y subida siempre y cuando el número de usuarios compartiendo la capacidad de cada transpondedor no sea excesivo.

Esto significa que los sistemas VSAT pueden trabajar, también con satélites en Ku, aunque estos sistemas VSAT no están pensados para un uso masivo de usuarios por satélite como ocurre en Ka. A modo de ejemplo, en Diciembre de 2013, el operador Hispasat había instalado y conectado 4000 equipos VSAT al satélite Hispasat 1E, una cantidad pequeña frente a tecnologías como ADSL, Cable o FTTH. Los transpondedores de 36 MHz de este satélite pueden entregar hasta 100Mbps

En los los satélites VSAT que trabajan en banda Ka se ha de seleccionar el spot con el cual se va a realizar la conexión de datos. Cuando se trabaja con satélites en banda Ku la operación es distinta, puesto que una gran zona geográfica tiene la cobertura de distintos transpondedores, y es la frecuencia determina del transpondedor seleccionado la que hay que conocer (además de otros parámetros como SR y FEC) Un error en la configuración del sistema, conducir a invadir transponder contiguos. La selección del spot adecuado es esencial en la configuración de una conexión VSAT de datos, ya que una vez establecido el enlace de bajada (downstream) desde el satélite hacia el modem VSAT, el operador envía través de dicha conexión los datos de configuración para el enlace de subida. Estos parámetros en VSAT son el canal, el intervalo temporal o slot y el retardo o latencia precisa para compensar las diferentes distancias a las que están los diferentes módem VSAT hasta la ubicación del satélite.



Fig 292 Modem VSAT

8. Reutilización de frecuencias

En banda Ka una frecuencia puede ser reutilizada varias veces sobre diferentes áreas de cobertura, al igual que se hace en la tecnología aplicada a la telefonía digital GSM.

Sabemos que en una antena parabólica su ganancia y directividad son inversamente proporcionales al cuadrado de la longitud de onda transmitida o recibida, o lo que es lo mismo, proporcional al cuadrado de la frecuencia. El hecho de transmitir en banda Ka está asociado al hecho cubrir una zona geográfica con estrechos spot de pequeño por lo que se puede reutilizar frecuencias al modo de la operación similar en telefonía celular.

$$G = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2$$

Sin embargo, esta operación no es posible desarrollarla en Ku porque ello implicaría grandes antenas parabólicas en el satélite, como se deduce de la ecuación que define la ganancia de la antena, al trabajar con frecuencias menores que Ka, y todavía menos en Banda C que lo hace con frecuencias de satélite aún más bajas.

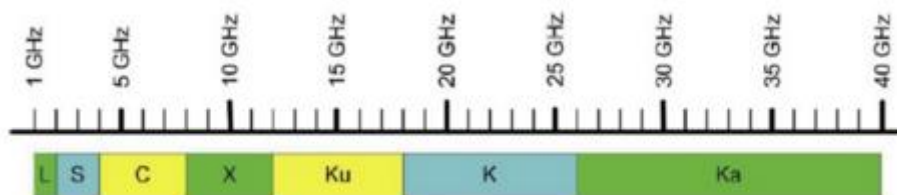


Fig 293 Banda de trabajo y frecuencias

La reutilización de frecuencias en Ka aumenta la eficiencia del espectro que se traduce directamente en un mayor rendimiento del sistema.

Esta reutilización es posible por la gran frecuencia de trabajo de la Banda Ka.

Sin embargo, como estudiamos en su momento en el PIRE de un satélite en Ku, también es posible la reutilización de frecuencias en la banda Ku, siempre y cuando las zonas geográficas que hacen uso de la reutilización estén lo suficientemente separadas, como por ejemplo el haz sobre América y el mismo sobre Europa del satélite en Ku Amazonas 1 de Hispasat



Fig 294 Reutilización de frecuencias en Amazonas 1A

VoIP sobre Internet es un sistema que ofrece un servicio económico de telefonía de larga distancia. Una ventaja añadida de un teléfono VoIP es que es posible para el usuario llevar el teléfono y su número de teléfono consigo. Todo ello gracias a la conexión Internet por satélite de banda ancha en Ka. Es importante

subrayar la importancia de la VoIP en desastres naturales como terremotos o huracanes, donde la Banda Ka genera una nueva red de comunicación ininterrumpida indemne frente a la infraestructura cableada que ha sido destruida.

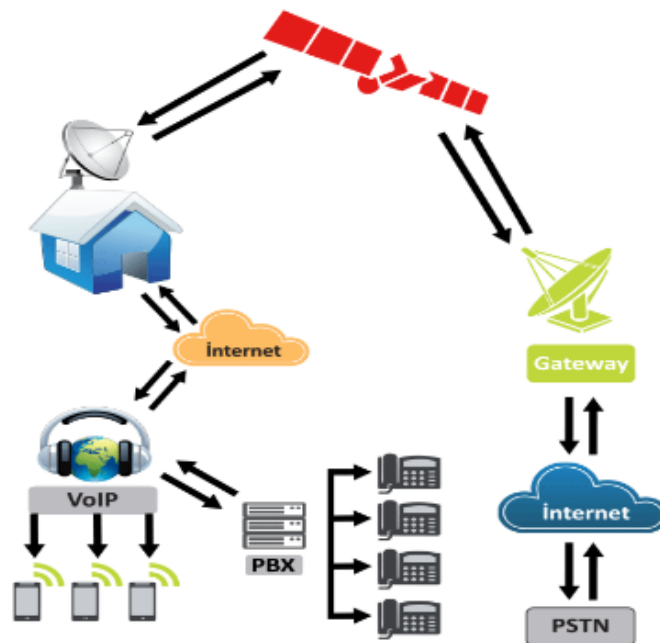


Fig 295 Workflow VSAT

La central PBX conecta las extensiones internas dentro de una empresa y al mismo tiempo las conecta con la red pública conmutada, conocida también como PSTN (Public Switched Telephone Network), Proveedores VoIP y Troncales SIP.

Una de las tendencias más recientes en el desarrollo de centrales telefónicas PBX es la PBX VoIP, también conocida como PBX IP, la cual usa el Protocolo de Internet para transmitir llamadas.

CAPÍTULO NUEVE: CONTROL CENTRAL (MCR) COMO CORAZON DEL SISTEMA. NUEVAS ARQUITECTURAS

1. CONTROL CENTRAL COMO CORAZON DEL SISTEMA

Control Central es un espacio de suma importancia en la arquitectura técnica de todas y cada una de las cadenas de televisión (y radio) del mundo, sea cual sea el lugar donde se ubiquen.

Hablemos de televisión, que es uno de los objetivos de este trabajo.

Su denominación internacional, MCR, (*Master Control Room*) está siendo cada día más aceptada en nuestro país, por lo que ya es habitual oír hablar de este término en las conversaciones profesionales.

Control Central es el centro operativo de la cadena donde confluyen las señales de video, las señales de audio y la señal de sincronismo destinada a todo el sistema de producción de la cadena, que proceden del exterior al Centro de Producción y que son vitales para la realización de los programas de televisión.

La mayoría de los programas que una cadena emite, precisan de imágenes que son contribuidas desde puntos externos a la cadena. En realidad, aunque las imágenes que lo componen no lleguen a través de los enlaces que conectan al MCR con el mundo, los equipos de cámara han de salir necesariamente del centro para captar los contenidos que posteriormente serán parte de la escaleta del programa. Es posible que esos equipos regresen de las coberturas directamente sin realizar envíos, pero también lo es que desde cualquier localización, por cuestiones de operatividad o por que el tiempo se echa encima porque la producción del programa, imaginemos que se emite directo, precisa con urgencia las imágenes de ese equipo para completar el sumario, se vea, por tanto, en la necesidad de enviar con urgencia su producción. Eso será posible, no solo porque en la localización se encontrarán los medios precisos para el envío, sino porque, además, la cadena configuró adecuadamente su Centro de control de señales exteriores, es decir, su MCR, Control Central.

Quiero esto decir, que uno de los primeros pasos que debe de dar una cadena de televisión cuando quiere constituirse como tal, es pensar en cómo ha de ser su MCR. En estos primeros planteamientos se ha de tener en cuenta

donde se va a emplazar físicamente el edificio que albergará al futuro Centro de Producción, porque de esa decisión se derivarán una serie de actuaciones de enorme importancia que pueden llevar consigo unos costes excesivos o, por el contrario, una adecuada planificación relativamente asequible desde todos los puntos de vista.

No solo es preciso, por tanto, diseñar el MCR sobre plano, sino que es imprescindible conjugar, con otros intereses de la cadena, cuál va a ser su emplazamiento físico, sobre el terreno donde se iniciarán las obras. Es de enorme importancia, saber si en ese lugar previsto para alzarse el complejo es posible atacar a una red de fibra óptica, o si desde ese emplazamiento hay una despejada visibilidad hacia el Sur, donde se ubican los satélites Geoestacionarios, si estamos en España, y, también, si el Centro Nodal de la ciudad, si lo hubiese, o la Estación Nodal, en su defecto, tienen visión directa con la localización elegida. Porque de ser así, todo será más sencillo, dentro de la gran complejidad es que el tendido de los trabajos de infraestructura que habrá que llevar a cabo para unir el futuro Centro con el mundo. Y si no es así, se iniciarán una serie de debates internos sobre la conveniencia o no de continuar con el proyecto que ubica a la futura cadena en ese punto geográfico en concreto. Porque es muy posible que la selección de ese lugar haya tenido otros componentes estratégicos y/o económicos. Es probable que la elección de ese emplazamiento se haya debido a múltiples razones, muchas de peso, pero es indiscutible que una de ellas ha de ser la viabilidad para desarrollar de la mejor manera posible el proyecto de ingeniería que ha de tener como objetivo final la constitución del MCR de la cadena.

Porque Control Central es el corazón del sistema. A él llega el fluido vital en forma de señales de video y audio, de él sale el fluido vital en forma de señales de video y audio, y en forma de emisión, la emisión de la programación de la cadena, el sentido último del proyecto. Por tanto, la interrelación con otro espacio técnico del Centro de Producción, que es Continuidad es primordial. Continuidad, en realidad es otro MCR, aunque de menor capacidad y ocupado de la emisión de la programación, pero al igual que Control Central, el flujo de entrada de señales exteriores a él y la salida de él de la valiosa emisión, definen su flujo de trabajo.

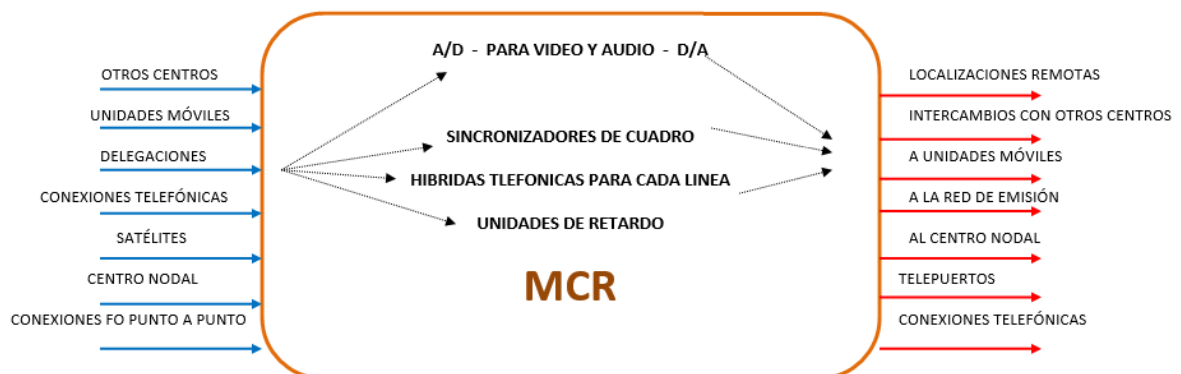
Algo parecido podemos decir de Ingesta, porque este espacio del área técnica está estrechamente unido a la operación que se lleva a cabo en el MCR. Ingesta recibe todas las señales procedentes de Control Central que han de ser ingestadas, volcadas, digitalizadas al Servidor de trabajo diario, un espacio de almacenamiento compartido de información al que se accede desde las estaciones de trabajo de edición y postproducción, y desde los estudios de producción.

Todo lo que hasta este momento hemos estudiado en este trabajo, tiene un reflejado inmediato en el diseño del MCR. Y también, en él, se está produciendo la (Re) evolución al que el título de este estudio hace referencia. Además, la transformación que se está viviendo en los procesos productivos, hacen posible un nuevo concepto de MCR al que denominamos Plataforma Técnica, como es el caso del modelo de LIVE! que veremos más adelante.

Empecemos analizando el diseño de un MCR tradicional, como el que vemos en la siguiente figura.

En primer lugar las señales que proceden del exterior, o señales exteriores.

MCR SEÑALES EXTERIORES



HIBRIDA: Equipo que permite obtener señales de audio con las características (amplitud e impedancia) requeridas en instalaciones profesionales. Además permiten adecuar las señales generadas en el estudio a la línea telefónica (micros, VTR's video servidores, etc)

Cada híbrida es dual, ya que permite la conexión de dos líneas telefónicas independientes, con entradas y salidas de audio también independientes.

A las entradas analógicas precisan de un convertidor A/D, y otro D/A para su salida

Vemos que se distinguen dos tipos de señales en el esquema, unas que están marcadas en azul y otras en rojo. Las primeras, a la izquierda del croquis son las que provienen del exterior, la segunda son las que el MCR envía a otros puntos.

Las señales exteriores por tanto unen al Centro de Producción con el mundo, y de él reciben señales de televisión en forma de contribución a su proceso de producción. Así, vemos que el MCR recibe señales procedentes del Centro Nodal. Estas entradas han de ser suficientes como para satisfacer las necesidades de tráfico de señales procedentes de ese punto, de tal manera que sea posible recibir varias señales simultáneamente desde el Nodal. Cada entrada ha de estar identificada convenientemente, para que tanto el MCR de la cadena como el MCR del Centro Nodal hablen el mismo lenguaje y sepan cómo y por donde encaminar cada una de las señales que nuestro MCR demanda. La conexión con el Nodal, por tanto, puede constar de cuatro o más vías de

entrada, a las que denominaremos como RX, recepción, y con otros calificativos como número y procedencia, que nos permitan identificarlas de las demás entradas. Cada una de estas líneas de entrada al MCR será monitorizada en el panel de monitorización de señales. Todas ellas llegan 1:1 es decir, en tiempo real, un minuto de video tarda un minuto en ser recibido. Estas líneas procedentes del Centro Nodal pueden ser radioenlaces terrestres, que unen ambos puntos mediante visión directa, si, como decíamos antes, el emplazamiento del Centro de Producción permite una visión directa con el Nodal. Y también pueden ser enlaces de fibra ópticas punto a punto, o lo que es más habitual, una combinación de ambas tecnologías. En casos muy excepcionales, en los que el Centro de Producción esté muy alejado de su Centro Nodal, como es el caso de la Televisión Canaria y su Centro Nodal de FORTA en Madrid, estas líneas de entrada pueden ser vía satélite, ya que la red de radioenlaces terrestres no alcanza, lógicamente las islas. En todo caso, es imprescindible que las líneas que unen al MCR con el Nodal sean circuitos permanentes 24/7 siempre operativos. Sin embargo, a la hora de diseñar el Control Central, es conveniente establecer una serie de circuitos ocasionales con el Nodal de manera que puedan ser activados en el momento que sea necesario. Esta opción, para casos de picos de producción, o en situaciones de breaking news, es altamente recomendable ya que dota a nuestro MCR de una capacidad de recepción de señales mucho mayor.

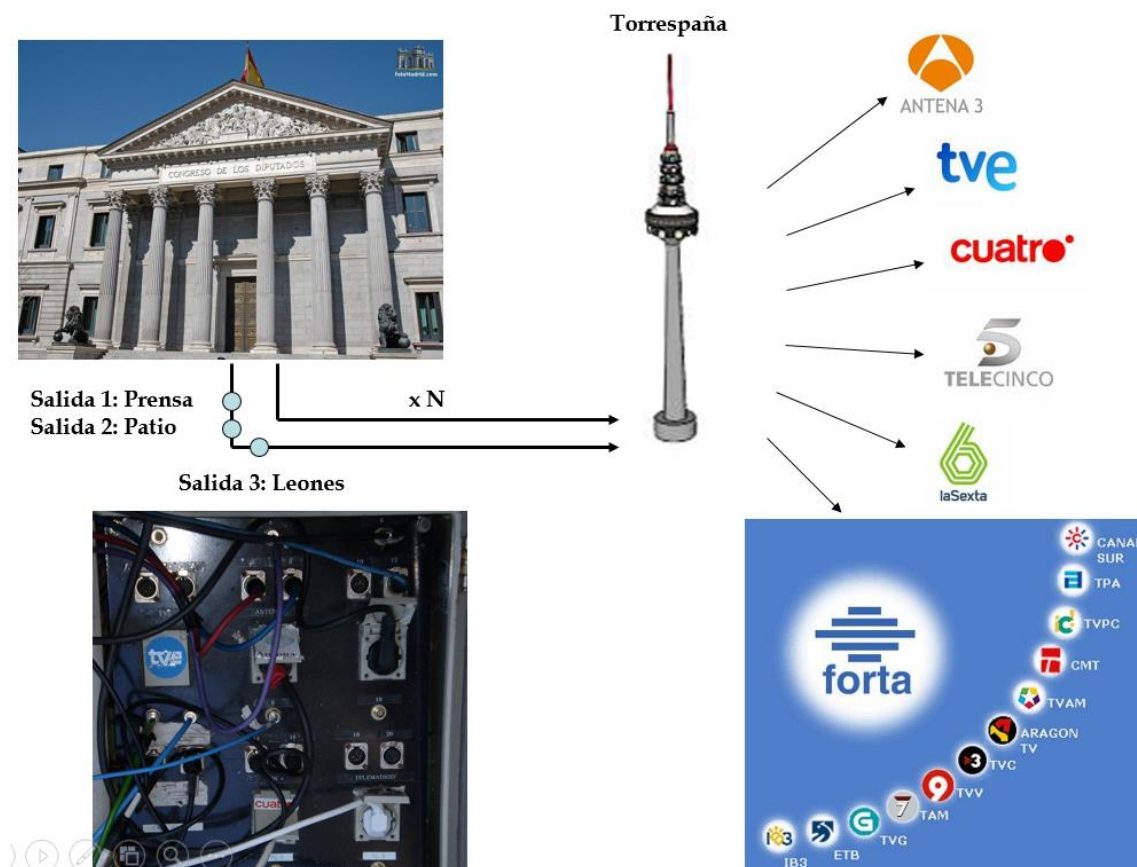
Puesto que estamos estudiando la conectividad con el Nodal, en la parte derecha del esquema vemos que hay señales marcadas en rojo que salen del MCR con destino al Nodal. Estos circuitos, por tanto, son circuitos dúplex, en dos direcciones, unos de entrada de los que ya hemos hablado y otros de salida. Al respecto, estos tienen las mismas características que los anteriores, son enlaces punto a punto, con tecnología de radioenlace terrestre o fibra óptica o una combinación de ambos. Algunos serán permanentes y otros serán ocasionales, los primeros 24/7 y los segundos activados según las necesidades de producción. A los circuitos de salida se le identifica como TX, transmisión, ya que por ellos se transmitirán señales de salida del MCR.

El número de circuitos con la Torre (a veces así se le denomina al Centro Nodal, por su singular característica física) de entrada y salida dependerá del tráfico en una y otra dirección. Si nuestra cadena entrega más señales que las que recibe, habrá más circuitos TX que RX, y si por el contrario recibe más contribución de producción desde el Nodal que la que le entrega entonces serán más los circuitos de recepción RX que TX.

En el esquema se hace referencia a las conexiones con Otros Centros. Estos pueden (y deben) ser circuitos que unan el MCR con los Centros Nodales de otros operadores, como puede ser el caso del Nodal de Telefónica o el de FORTA. El hecho de unirnos con Torrespaña significa que estamos trabajando con un determinado operador, Abertis en concreto, que gestiona la red de

radioenlaces en España y que distribuye la emisión TDT como vimos en su momento. Pero esto no quiere decir que no existan otros operadores, ni que estos cuenten con sus respectivos Centros Nodales, como es el caso apuntado. El hecho de unirnos con otros Nodales, ofrece mayor capacidad de recepción de señales y de envío de las señales producidas por la cadena hacia ellos. Además, todos los Centros Nodales de los diferentes operadores están unidos entre sí, de tal manera que el MCR de Abertis los está con el Telefónica o FORTA, de tal manera que todos ellos cuentan con una configuración de entradas y salidas similar a la vista anteriormente. Esto es un valor añadido para el MCR de la cadena, ya que si las líneas RX con la Torre, tanto permanentes como ocasionales, están ocupadas siempre es posible encaminar la señal solicitada que no tiene acceso al MCR por los circuitos con Abertis, a uno de los otros Nodales para que acceda a nuestro MCR por las líneas de entrada procedentes de esos Centros. Y de igual manera, en el caso de que las líneas de salida hacia Abertis estén ocupadas. Todo ello, la eficiente gestión de las líneas de entrada y salida, y la correcta configuración y conectividad con el exterior, dotan al MCR de una gran capacidad de contribución y distribución de señales. Las procedentes de otros centros, como el caso de los Nodales de Telefónica y FORTA han de estar debidamente identificadas como en el caso de Abertis, contando con el correspondiente monitorado.

Otras líneas de entrada provienen de conexiones punto a punto. Estas pueden proceder de localizaciones con las que la cadena tiene un tráfico recurrente, y que a su vez están conexas con el Centro Nodal, por lo que no tiene mucho sentido estar solicitando a la Torre una conmutación de la señal de forma tan periódica, considerando que cada conmutación de una señal que procede del Nodal, quien a su vez la recibe desde otro punto externo a su MCR, tiene un coste. Si estas señales se solicitan habitualmente, es más práctico contar con una conexión punto a punto con esa localización de interés. Es el caso del Congreso de los Diputados, donde prácticamente de manera diaria se producen una serie de personalizaciones, standup, en directo, de los periodistas de la cadena, informando de la actualidad política. Y sin embargo, los Plenos de la Cámara se producen más esporádicamente. En ese caso, la mejor configuración sería contar con una conexión de fibra óptica punto a punto desde el Congreso para las personalizaciones y recibir los plenos a través de una de las líneas RX que nos unen con el Centro Nodal. Lo vemos en la figura siguiente.



Conectividad con el Congreso de los Diputados

Como vemos, las señales del Pleno y de las personalizaciones pueden alcanzar los MCR de las distintas cadenas mediante conmutación en Torrespaña o a través de una conexión de fibra punto a punto, como se muestra en el patch de conexiones.

En definitiva, en relación con la conectividad con otros centros, en algunos casos será mucho más interesante desde el punto de vista de operación y económico, contar con una conexión punto a punto, y en otros, hacerlo de manera ocasional con conmutación de señales en el Nodal. Dependerá del tráfico de se genere con esas localizaciones. En general, son líneas de entrada y casi nunca de salida, es decir, el MCR recibe contribución desde esos puntos sin devolverles señal. Por tanto, la gran mayoría de esos enlaces son simplex, únicamente de entrada.

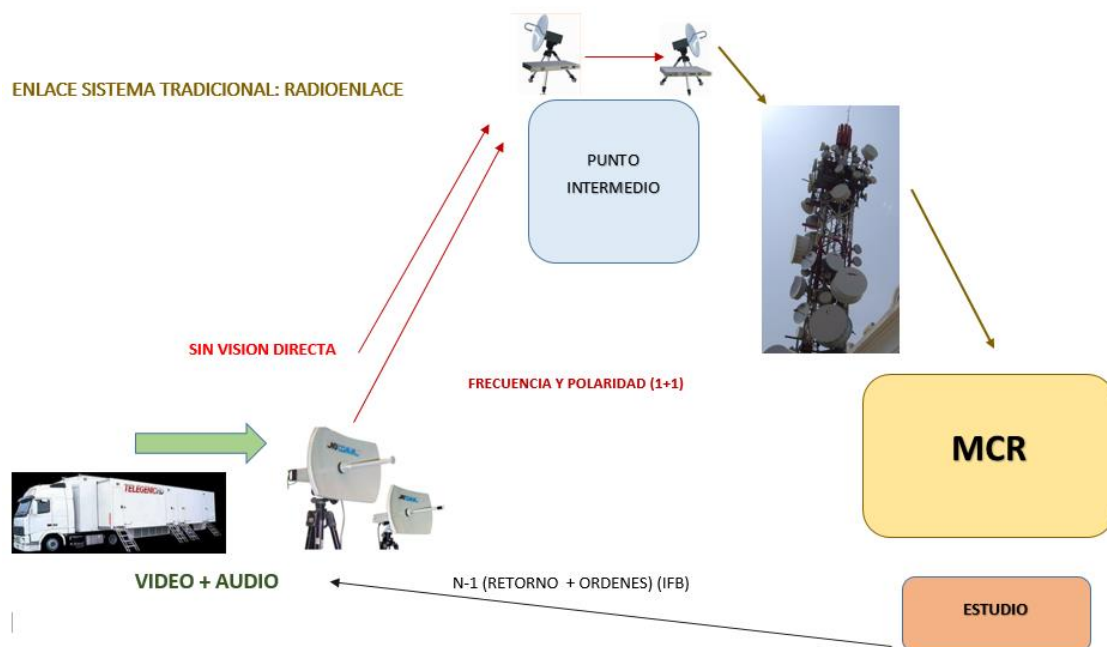
Otra de las contribuciones que proceden del exterior y que llegan al MCR son las procedentes de las delegaciones o corresponsalías. El caso es parecido al anterior. El volumen de producción que se genere en cada caso, determinará la conveniencia o no de un enlace punto a punto u ocasional. Por ejemplo, las principales delegaciones, como sería el caso de la delegación de Barcelona contarían con un enlace punto a punto 24/7

permanente y otras, con menos producción enviarían sus contenidos a través de la red de radioenlaces de Abertis hasta llegar a Torrespaña donde se produciría la conmutación al MCR por una de las líneas RX de entrada. En ambos casos, las líneas son simplex, tanto si lo son punto a punto como si son ocasionales, ya que el MCR no devuelve a las delegaciones producción de contenidos, a no ser que éstas sean en realidad Centros Territoriales con desconexión de emisión regional, en cuyo caso, lógicamente, el Centro de Producción les reenvía contenidos y los enlaces punto a punto son dúplex, bidireccionales.

En cuanto a la recepción de señales procedentes de satélite, pueden darse varios casos, En primer lugar, como norma general, el MCR ha de tener la posibilidad de bajar señales de satélite cuya huella en la zona sea favorable, lo que implica pequeñas antenas, como sabemos. Estas antenas suelen ubicarse en la terraza superior del Centro de Producción o en dependencias anexas, desde las cuales la visibilidad con el firmamento esté libre de obstáculos. Esto dota de independencia al MCR a la hora de recibir señales de producción a través de satélites GEO. Pero es posible, también, que la capacidad de recepción de señales satelitales no sea suficiente y que el espacio para instalación de las antenas TVRO no sea muy amplio. Además, con toda seguridad, algunas de estas señales satelitales requerirán de antenas de mayor tamaño o trabajando en otras bandas como la banda C. por estas razones, el MCR se une con un centro de operaciones por satélite o telepuerto, cuyo objetivo empresarial es el tráfico satelital de bajadas y subidas de señales de televisión a satélite. De tal manera, que este consorcio suministra al MCR la señales satelitales que este demanda. Por tanto, es imprescindible contar con líneas de entrada y salida desde su MCR al nuestro y viceversa. Son enlaces punto a punto, radioenlaces si las condiciones son favorables en cuanto a visibilidad entre ambos centros o de fibra óptica. En todo caso, enlaces dúplex en circuitos permanentes 24/7 y líneas ocasionales de reserva, activadas según las necesidades. Un importante telepuerto en Madrid es el de Overon, aunque tanto Abertis con su telepuerto de Arganda como Telefónica con el suyo en Armuña de Tajuña, son otras opciones a considerar, En estos casos, las señales de bajada de ambos telepuertos se encaminan al MCR a través de las líneas RX que nos unen con sus Nodales.

Nos quedan varias entradas al MCR por especificar. Unas proceden de Unidades Móviles que son equipos de producción de la cadena que están desplazados a determinadas localizaciones con el propósito de producir contenidos, bien en directo o grabados. En ambos casos han de contribuir con su producción al Centro de Producción, y para ello se ha de valer de las distintas tecnologías de transmisión que conocemos. Es posible que la UM esté enviando señal a través de una serie de vanos de radioenlace que unen ese punto con el MCR, o que lo haga mediante una conexión de fibra que se

encuentra en la localización o que, finalmente, la conectividad se produzca por satélite, mediante el concurso de una o varias DSNG. Incluso se puede (y debe) dar el caso de que la señal principal de programa llegue al MCR por un camino y con una tecnología, fibra por ejemplo, y la de reserva por otro y con otra tecnología (satélite). En todo caso son señales que llegan al MCR por líneas habilitadas al efecto, ya que es probable, y aconsejable, que la cadena cuente con equipos de radioenlaces y por tanto, tenga antenas de recepción en el Centro. Es el caso de Telemadrid, que cuenta (o contaba mejor dicho, ya que después del ERE esta y otras tecnologías han desaparecido de su producción) con varias antenas de recepción que unían al Centro con algunos puntos intermedios de la ciudad de Madrid, como Torre de Madrid en Plaza de España o edificio Iberia en María de Molina, en enlace dúplex, para alcanzar puntos de la ciudad en los cuales la visibilidad con Telemadrid en Ciudad de la imagen no era posible. Vemos, como adelanto a un capítulo posterior, como funciona un enlace con punto intermedio.

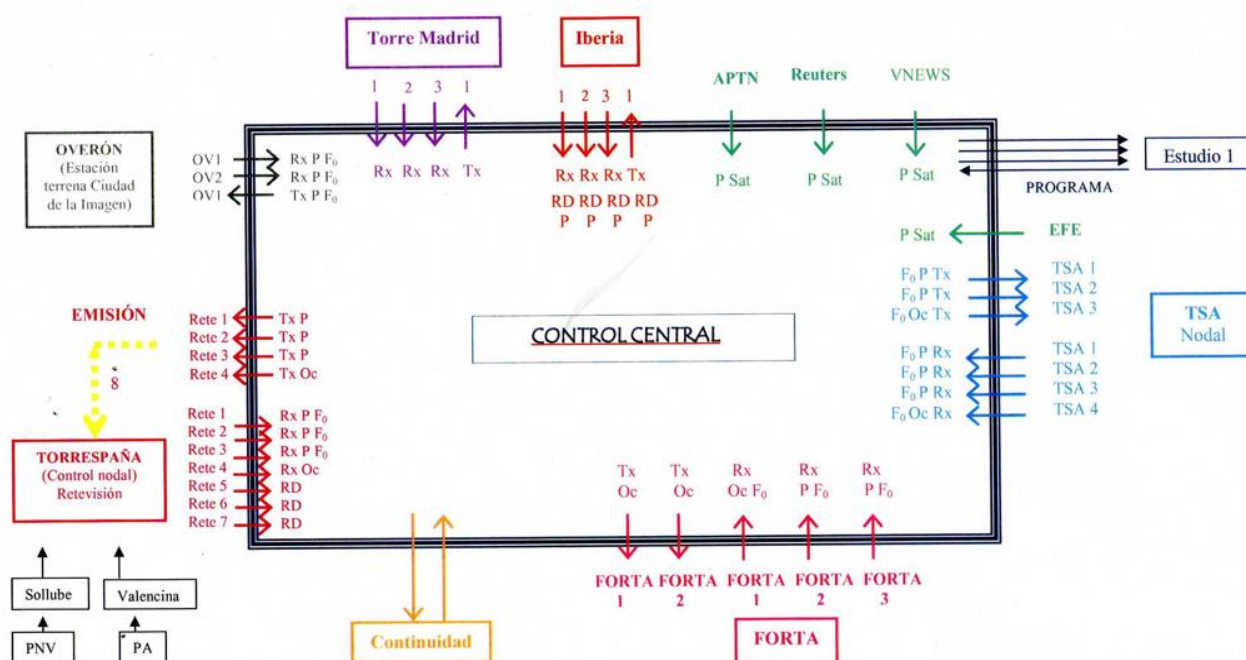


Conectividad mediante radioenlace y punto intermedio

Por último, el MCR recibe señales de audio procedentes de radios, que su vez están unidas con el Nodal o conexiones telefónicas realizadas con personalidades o ciudadanos que aportan sus comentarios a los distintos programas, para lo cual es necesarias híbridas telefónicas cuya función se especifica en el esquema.

Las híbridas son parte fundamental de la operación para realizar el retorno de audio o N-1, ya que permiten adecuar las líneas de audio del estudio a la línea telefónica para enviar audio retorno y órdenes de edición de contenidos y realización a las localizaciones exteriores.

CONTROL CENTRAL (MASTER CONTROL ROOM-MCR)



Control Central MCR de una cadena de televisión.

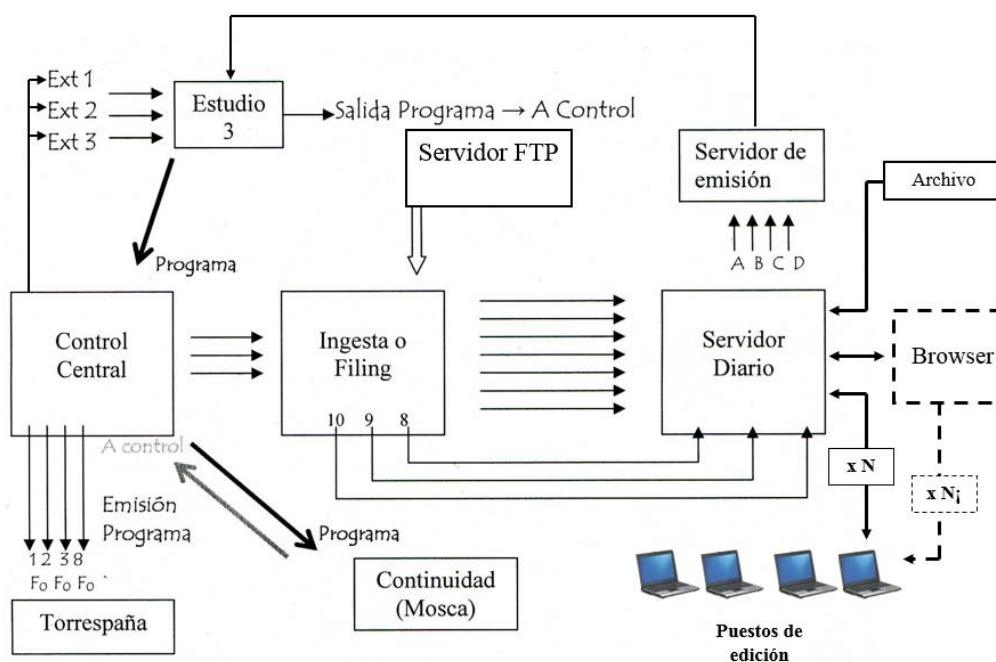
Vemos en la figura lo que podría ser el diseño del MCR, según los criterios apuntados anteriormente. Este diseño quiere resumir lo estudiado, sin ser el diseño de un Control Central en la realidad, para evitar susceptibilidades, aunque se parece mucho a varios que están en funcionamiento. Como se puede apreciar, cuenta con varias entradas desde el Nodal (identificados como Rete) algunos de los cuales son RX (4) y otros de entrada TX (7) Entre ellos, hay circuitos permanentes (P) otros Ocasionales (Oc). Los identificados como RD son radioenlaces, y aquellos que llevan el distinto Fo son fibras ópticas.

Este MCR está conectado con el Nodal de FORTA mediante 3 circuitos de entrada y dos de salida. Se une con el Nodal de TSA (Telefónica Sistemas Audiovisuales; hoy TBS) con 4 circuitos RX y 3 TX de los cuales son dos ocasionales, uno de entrada y otro de salida. Tres son los circuitos de radioenlace que une este MCR con puntos intermedios, en este caso ficticio, Madrid, que son Torre de Madrid e Iberia. 2 circuitos RX se unen con el telepuerto de Overon con uno más de salida TX. Por su parte cuenta con 3 antenas TVRO de satélite, que en el croquis están bajando servicios de agencia, entre ellas, Reuters y AP, aunque podrían bajar otros contenidos

Por otra parte, recibe una señal del estudio (que podrían ser más, como de hecho ocurre) identificada en el croquis como programa, una de las cuales va directamente a emisión si el estudio está en directo, y la otra es la *señal clean feed*, idéntica a la anterior pero sin rotulación.

El siguiente esquema nos da una idea del enrutamiento de las señales desde el MCR a los distintos espacios técnicos y servidores.

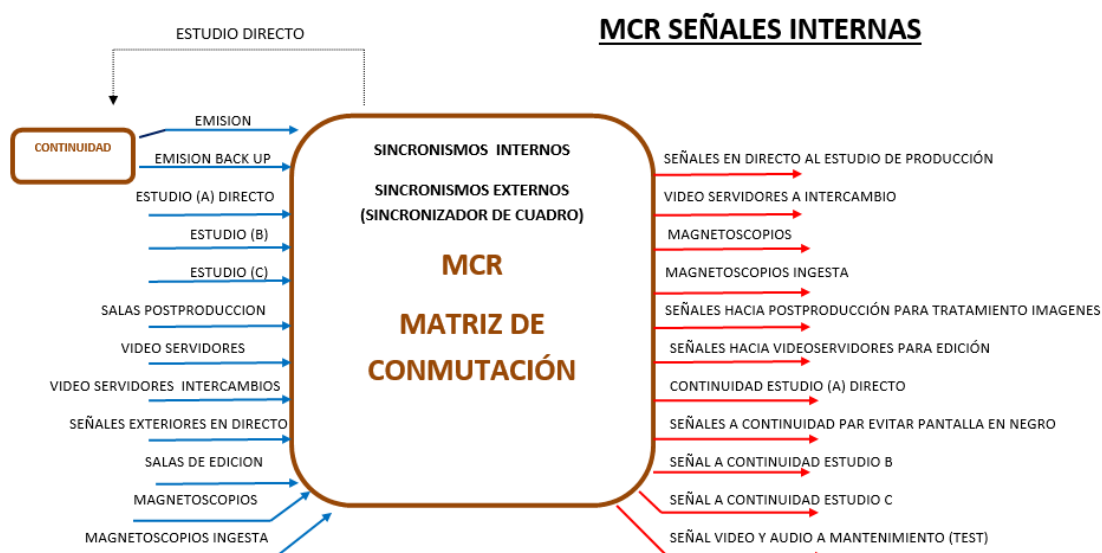
PROCESO DE INGESTA Y LÍNEAS



El 8, 9 y 10 son magnetoscopios P2, DVC Pro, Betacam y otros formatos

Las líneas en directo que llegan al Estudio desde Control Central se denominan también, Exteriores. La figura nos muestra que el Estudio puede recibir hasta 3 líneas exteriores. Como vemos la señales salen del MCR con destino a cuatro puntos distintos: Ingesta, Estudio (Exteriores), Continuidad (para inserción de logo y emisión de publicidad) y Torrespaña (señal de emisión)

El esquema incluye un servidor FTP del que hablaremos más adelante.



Señales internas de entrada y salida del MCR

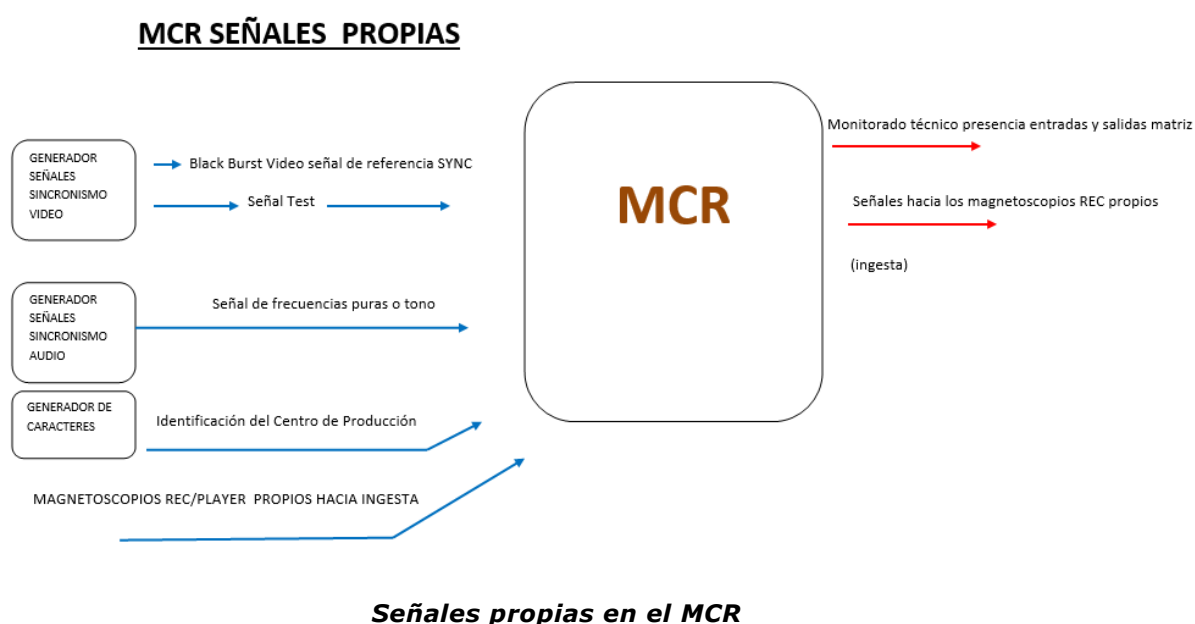
El esquema anterior nos muestra las señales internas que llegan y salen del MCR. Observamos que las entradas proceden de los estudios, algunos en directo (A) y otros en modo grabación (B) y (C), de las salas de postproducción, de las salas de edición, de magnetoscopios ubicados en distintas dependencias, de los magnetoscopios de Ingesta, de los servidores de video, y por último el MCR recibe la emisión redundada procedente de Continuidad lista para ser entregada al operador que la emitirá en el territorio.

Las salidas del MCR, se dirigen al estudio que está trabajando en directo, que son las que hemos denominado como líneas Exteriores. El MCR puede enviar cuantas el Estudio sea capaz de recibir, reconfigurando su arquitectura técnica y habilitando o reconfigurando la salidas del MCR. Vemos que otras señales de salida se dirigen a los servidores, previo paso por Ingesta, como hemos visto en el croquis anterior. La sala de intercambios, recibe y envía señales que procede y van destinadas a otros Centros exteriores a éste, que se encaminan hacia Ingesta en el caso de que lleguen desde el exterior, o hacia el MCR si la intención es enviara a otros Centros de Producción.

Otras salidas del MCR se dirigen hacia los magnetoscopios grabadores, distribuidos en distintas salas del Centro de Producción para que éstos puedan grabarlas con el objetivo de que sean utilizadas en la edición y realización de programas. Por otro lado, Continuidad recibe varias señales, la procedente del estudio en directo, y otras, que eviten que la pantalla quede en negro en caso de que el estudio en directo tenga algún problema. Las salas de postproducción reciben señales desde el MCR, a demanda de estas salas, para completar las ediciones. Por último, el MCR envía una señal de

video y audio a Mantenimiento de equipos, denominada señal Test, para el ajuste de los equipos en reparación.

Todas estas señales han de pasar por los correspondientes sincronizadores tanto para señales que proceden de dependencias internas, como para las externas al Centro de Producción, que han de pasar por los sincronizadores de cuadro. Todos los equipos del Centro deben de trabajar sincronizados, incluidas la señales externas.



Por último el MCR genera una serie de señales propias, que son aquellas que se generan en el mismo Control Central.

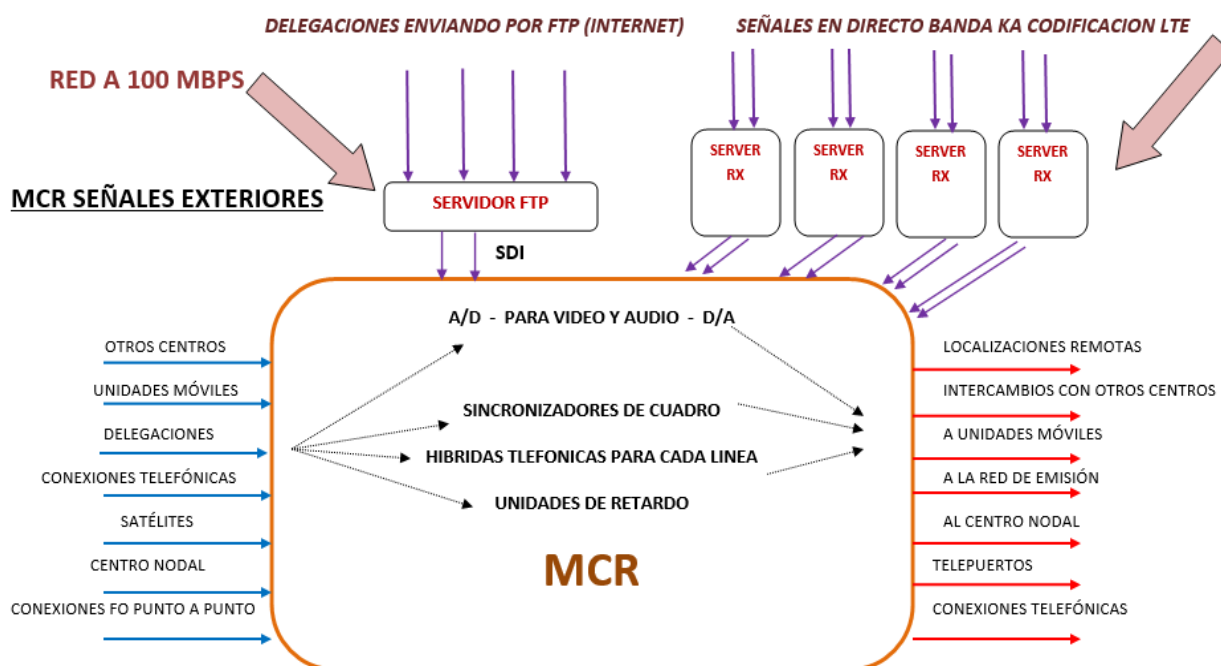
Se trata en primer lugar de una señal de referencia (negro B.B. black burst) que sirve como señas de sincronización para todo el Centro. Se trata de una señal de video. Una señal de test que se origina en un generador de los que forman parte del sistema de generación y distribución de sincronismos en el caso del video, y otro generador para generar una señal de frecuencias puras o tonos en el caso del audio. La señales procedentes de sus magnetoscopios grabadores/reproductores para intercambio de imágenes con el exterior (ingesta), o sala de VTR's o sala de intercambios. Y por fin señales procedentes de un generador de caracteres que permita identificar al centro durante los intercambios o poner mensajes previos a los mismos.

Las salidas de la matriz del MCR son: Señal de video y audio enviada hacia el monitorado técnico y de presencia de las señales de entrada a la matriz, monitorado que se encuentra en el propio MCR. Para monitorizar las entradas hay que emplear una salida en ir conmutando las diferentes señales.

Señales de audio y video hacia los magnetoscopios grabadores para intercambios de imágenes en Ingesta, que puede reencaminarlos hacia el servidor de video.

La matriz del MCR es un dispositivo técnico que interconexiona las señales de entrada y salida, pudiendo reenviarlas donde sea más conveniente para la producción. La matriz se caracteriza por el número de entradas y de salidas, por ejemplo una matriz 42 x 68 es una matriz con 42 entradas y 68 salidas, 84 entradas de audio y 136 salidas de audio. Por eso, siguiendo con el ejemplo, la entrada en la matriz número 8 (llega por esa entrada) que es una señal en directo puede ser reenviada a la salida 4 (Video server, a través de Ingesta) salida 12 (Magnetoscopio en la sala de Postproducción 3) y salida 1 (Línea Externa 3 en el Estudio 2)

2. Nueva arquitectura MCR



Nueva estructura de MCR

La llegada a la industria de las nuevas tecnologías de transmisión han producido algunos cambios en el diseño de MCR. Los elementos técnicos vistos anteriormente continúan vigentes, aunque se han sumado algunos otros equipos que son imprescindibles para la recepción de señales procedentes de equipos que trabajan con los nuevos sistemas de transmisión.

En primer lugar, vemos que el MCR ha sumado varios servidores FTP. Los envíos FTP son una modalidad muy útil que reemplaza o complementa a los tradicionales play outs o feed. Estos son envíos de material grabado (mejor la expresión contenido grabado que material grabado, aunque esta última expresión es la que habitualmente se usa) desde medios de transmisión que se encuentran disponibles en el lugar donde se está produciendo la cobertura o cerca de ellos. Se utilizan los medios de transmisión tradicionales, como son envío por satélite desde una DSNG, o desde un punto de inyección (feed) de la red de radioenlaces, como por ejemplo una cadena de televisión, una empresa productora con salida de enlace u otros puntos con esa disponibilidad de conexión. En todo caso, se trata de un envío 1:1 en tiempo real. Es necesario hacer un booking previo de operación al proveedor del servicio y otro al gestor de la red, sea satélite o red terrestre. Muchas veces, esta posibilidad técnica no está disponible, bien porque hay overbooking y los medios están reservados por

otros clientes, tanto en la operación como en la red. En el caso de que los medios estén disponibles, los costes asociados al envío o play out son los correspondientes a la operación y a la red satelital (segmento espacial es su correcta denominación) y tal vez coste de conmutación desde el Nodal o telepuerto en el caso de que el MCR no sea capaz de recibir por sí mismo la señal.

Un envío FTP hace uso de las redes que interconectan Internet (backbone) El equipo desplazado lleva consigo los medios para realizar la operación FTP, es decir, una cámara ENG digital, con salida SDI o firewire, un ordenador portátil con entrada firewire y un modem o varios, 3G o 4G utilizados para subida y bajada de datos de la red, además de una conexión Ethernet El equipo desplazado, vuelca las imágenes al ordenador mediante la conexión firewire, digitalizándolas, convirtiéndolas en datos por tanto, para a continuación proceder a su envío a través de la red. Los paquetes viajan por ella, como ya sabemos, hasta alcanzar el servidor de recepción en el MCR, el cual reordena los paquetes de datos, que pueden haber llegado en desorden. El servidor FTP tiene varias salidas SDI para entregar la señal de video y audio al MCR, para que sean utilizadas por los equipos de producción. El envío no es en ningún caso en tiempo real 1:1, sino que tiene una demora mayor o menor en función del ancho de banda disponible en la salida de los paquetes, y de la congestión de la red, como ocurre con cualquier otro envío multimedia a través de Internet.

Son varias las ventajas del sistema. En primer lugar los equipos son independientes y autónomos, sin verse en la necesidad de utilizar unos medios que puede que no estén disponibles. Pueden moverse al punto que consideren oportuno, sin esperar a que los medios tradicionales de transmisión lleguen al lugar de la noticia para dar servicio. Los costes son prácticamente inexistentes, a excepción del coste de consumo de datos de los modem de telefonía móvil o de coste que pueda tener el unirse en un determinado punto a la red a través de la conexión Ethernet. La operación está siempre disponible mientras el equipo crew lo esté, mientras sigan en pie trabajando, pueden seguir enviando contenidos al Centro de Producción.

Los inconvenientes están asociados con la red. Si no hay buena cobertura de telefonía móvil, la operación será muy lenta, por lo que el envío puede demorarse en exceso. O es posible que no haya ningún tipo de cobertura, con lo cual la única salida es a través de una conexión de cable por Ethernet a la red. Pero implica buscar ese punto de conexión, que no siempre está disponible y en el caso de que lo esté, la velocidad de subida a Internet puede ser muy lenta, sin apenas ancho de banda, y menos para enviar archivos de un determinado peso.

Esto tiene solución, como es la conexión BGAN, que veremos en el apartado dedicado a CNN+, o la banda Ka, en aquellas zonas donde haya huella de un

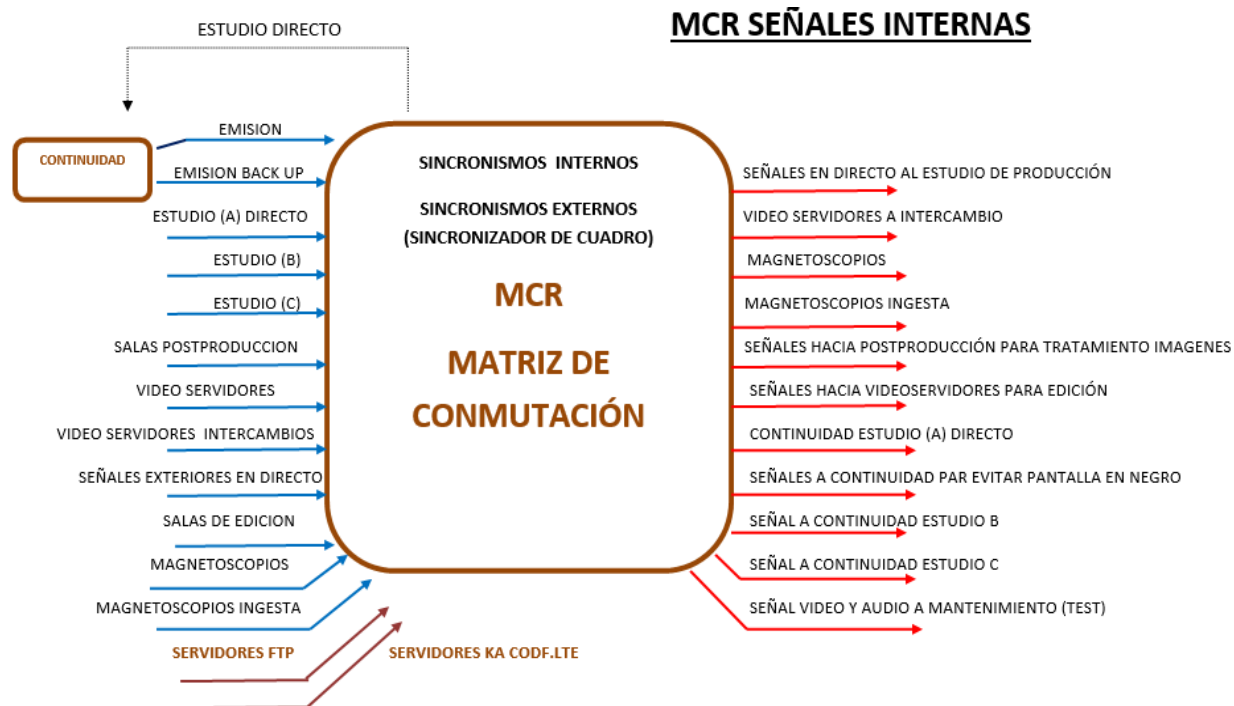
satélite Ka. La recepción en el MCR no debe de dar problema, si bien, es muy útil tener varios servidores de recepción, actuando de back up unos de otros.

En todo caso, las ventajas son más que los posibles inconvenientes. Movilidad, accesibilidad a zonas donde no lleguen los medios tradicionales, envío de contenidos en situaciones de catástrofe (Ka y/o BGAN) importantes rebajas de coste, autonomía y disponibilidad 24/7 son algunas de las conclusiones que se obtiene del uso de esta tecnología.

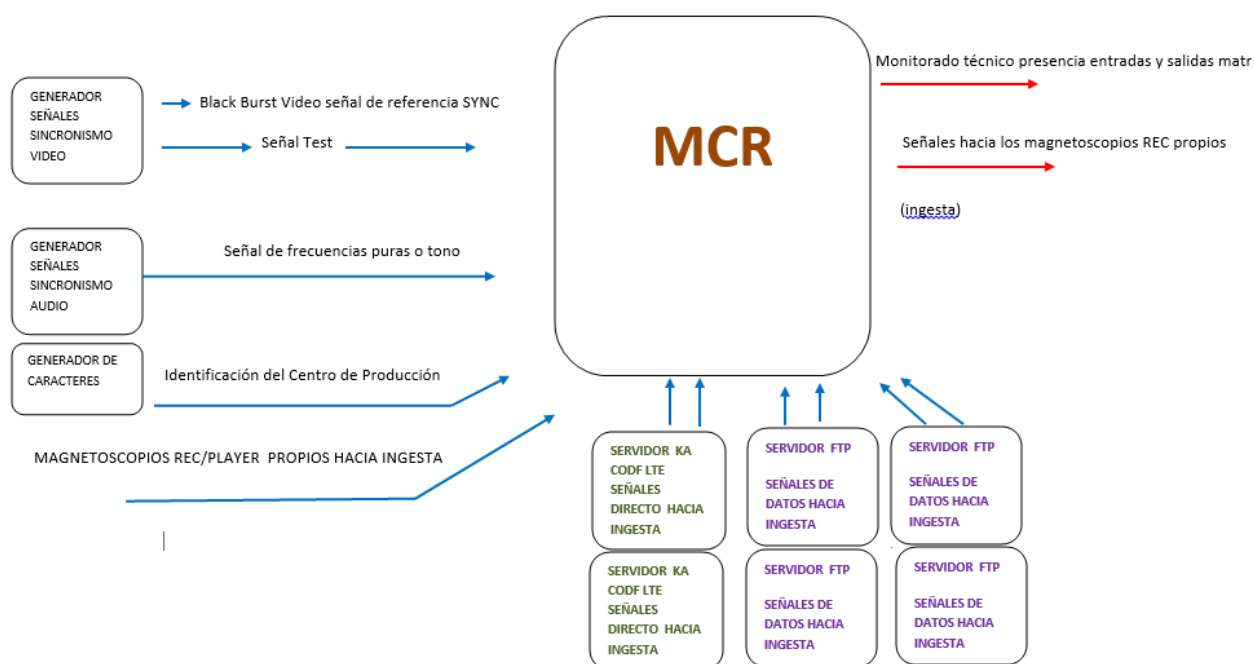
En cuanto a la tecnología de transmisión de contenidos en directo, el uso de equipos LTE/4G como codificadores de la señal y de antenas de conexión a los satélites en Ka, dan como resultado una combinación estable y de calidad, con bitrates de hasta 12 Mbps, comparables a una transmisión HD por los medios tradicionales con un ancho de banda de 18 MHz. Los equipos de recepción de estas conexiones, son servidores que se ubican en el MCR. Estos servidores, como se muestra en la figura, necesitan tener una conexión a la red superior a la del equipo que está transmitiendo desde la localización externa, ya que no tiene ningún sentido enviar a 12 Mbps y recibir en una línea de 4 Mbps, porque el resultado no será nada bueno. Una línea estable y de velocidad estimable, es requisito indispensable. Como es posible, que varios equipos estén transmitiendo al mismo tiempo, la línea de recepción de datos que alimenta a los servidores debería tener una velocidad en torno a los 100 Mbps, que es la que ofrece una fibra óptica, y dedicada únicamente a este cometido.

Las ventajas, como veremos más adelante en el estudio de equipos de transmisión IP es en primer lugar la movilidad del equipo, algo que no ofrecen los medios tradicionales. Agilidad, versatilidad, accesibilidad a zonas difíciles, autonomía y rebaja de coste son otros beneficios de esta tecnología que estudiaremos más adelante.

Los servidores, que pueden ofrecer dos salidas SDI, se ubican en el MCR en las salas de racks.



MCR SEÑALES PROPIAS



CAPÍTULO DIEZ:

INFORMATIVOS CUATRO Y CNN+: INNOVACIONES TECNOLÓGICAS APLICADAS A LA TRANSMISIÓN DE CONTENIDOS DE PRODUCCIÓN

INFORMATIVOS CUATRO Y CNN+: INNOVACIONES TECNOLOGICAS IP APLICADAS A LA TRANSMISION DE CONTENIDOS DE PRODUCCION

1. DOS CADENAS HERMANAS ADELANTADAS A SU TIEMPO

1.1 El proyecto

Informativos Cuatro y CNN+ se adelantaron a su tiempo en varios años, considerando la velocidad a la que la tecnología se mueve en nuestros días, ya que si no podríamos estar hablando de una década.

Todo comenzó como un problema presupuestario íntimamente ligado a la intención de mejorar sustancialmente la calidad de los contenidos y el hecho de apostar por la producción propia del canal.

La cadena matriz CNN con la que se había alcanzado un acuerdo de *join adventure* poseía una capacidad de producción de grandes dimensiones, cubriendo no solo la totalidad del territorio norteamericano sino la prácticamente el globo terráqueo. La intención de nuestra filial de estar a la altura de la marca, máxime cuando migró de sus emisiones en Digital +, con un audiencia residual muy focalizada y selectiva hasta convertirse en un canal TDT con emisión en abierto e información 24, nos planteó la encrucijada de compaginar un pequeño presupuesto con unos ambiciosos objetivos.

Fuimos conscientes de que si queríamos competir en España con el 24 horas de TVE, el único rival en el espectro, que con toda seguridad nos doblaba en presupuesto y además contaba con los medios de producción de TVE que eran apabullantemente superiores a los nuestros, solo nos quedaba un camino en el que tendríamos por el que tendríamos que avanzar con nuestras armas: imaginación, capacidad de operación, coordinación entre dos áreas básicas en el proyecto como ingeniería y producción y compromiso de todas las partes.

Si queríamos mejorar el producto y abandonar el planteamiento que CNN+ había tendido hasta ese momento, es decir, una cadena sin producción propia, sin apenas delegaciones y corresponsales, y los que tenía con enormes limitaciones de producción, apegada a las agencias, sin conexiones en directo, más allá de las señales institucionales gratuitas o los *beeper* (conexión telefónica con el

exterior), con una redacción cerrada en la que la noticia llegaba lista para su emisión cuando las agencias lo consideraban oportuno, sin capacidad de producción y cuya parrilla era una sucesión de ruedas informativas pregrabadas, teníamos que dar un giro copernicano a la estructura.

Para ello, en primer lugar, había que rediseñar la parrilla y abordar un nuevo escenario en el que las ruedas perdieran protagonismo a favor de programas en directo, de programas contenedor que fuesen capaces de estructurar la jornada en cuatro grandes bloques: despertador, la mañana, la tarde y la noche. Cuatro grandes programas, en los que la información, el análisis y la conexión con el exterior fuesen los ejes sobre los que pivotaran los contenidos. *Buenos días, La mañana en CNN+*, *La Tarde en CNN+*, y para cerrar el día el programa *Hoy*.

1.2 La liberación y avance que supuso los envíos FTP

Un año antes de la puesta en marcha de estos programas, y con el doble objetivo de liberarnos de la tiranía de las agencias en cuanto su falta de flexibilidad en la entrega de contenidos, ya que las más importantes estaban ligadas a otras cadenas (Atlas/T5; VNews/A3) lo que se traducía en que Cuatro/CNN+ recibía muchas veces los contenidos previa emisión por parte de T5 o A3, algo absolutamente inaceptable por nuestra parte, y por otro lado, como segundo propósito, con la idea de ser mucho más rápidos en la recepción de nuestra producción propia pero abaratando los costes de transmisión que normalmente estaban unidos a envíos vía satélite con un considerable coste, comenzamos a estudiar la posibilidad de que nuestros equipos exteriores comenzasen a enviar por FTP.

Hoy en día es una práctica más generalizada, pero en el año 2008 era una verdadera revolución si consideramos que los envíos estaban destinados a un canal 24 horas de información en la que la misma ha de estar disponible en el menor tiempo posible. Por supuesto que en el año 2008 se practicaba el envío por FTP, pero los tiempos de compresión y codificación, así como los correspondientes al propio envío hacían inviable su aplicación a los informativos. Un envío vía satélite, o mediante una fibra óptica o un radio enlace microondas, se producía en tiempo real, es decir, 1 minuto de video tardaba en recibirse exactamente 1 minuto. Los envíos FTP podrían traducir ese ratio a 1:30; 1:40, un minuto de video tardaba entre 30 y 40 minutos en recibirse, con el inconveniente añadido de que si la conexión se cortaba en mitad de la transferencia había que comenzar de nuevo a transmitir, con la consiguiente pérdida de tiempo. Era más sencillo acercarse a una estación satélite DSN y enviar sin demora y sin riesgos de interrupción en la transmisión... pero el coste era de 360 euros por diez minutos de envío o play out!

Si queríamos ser independientes, ágiles y rápidos y que el proyecto fuese sostenible teníamos que trabajar en reducir el ratio de transmisión FTP. Y eso es lo que hicimos en coordinación con Ingeniería. Cientos de pruebas nos llevaron a conseguir rebajar notablemente el tiempo de envío hasta situarlo en 1:5 y en algunos casos, dependiendo del ancho de banda de la red, incluso en menos. Todos nuestros equipos de cámara comenzaron a salir con ordenadores en los que se había instalado un software de transmisión FTP, IP Report, desarrollado por nosotros en combinación con una importante marca internacional que apoyó la idea desde un primer momento, New Bits/Liwewire, y la que conocíamos gracias a anteriores experiencias de envíos de ficheros a través de la constelación de satélites Inmarsat, desde lugares recónditos e inaccesibles o sin ninguno tipo de red debido a desastres naturales o guerras mediante equipos BGAN, algo que lo que yo personalmente estaba trabajando desde hacía años (las primera imágenes de la *toma* de la isla Perejil las recibió Telemadrid y fueron enviadas por un equipo de la cadena desplazado al conflicto mediante este sistema en el año 2002)



Fig 296 Equipo BGAN unido a la cámara



Fig 297 Detalle equipo BGAN con antena de transmisión

Bien es verdad, que la velocidad de transferencia de los equipos BGAN estaba unida al número de antenas con las que se efectuase el envío, siendo de 250Kbps en el caso de que solo se usase una, velocidad parecida a la de la red 3G. Los ratios de envío eran muy altos, aunque se justificaban por el enorme valor informativo que poseían las imágenes enviadas desde la cima de una montaña, desde un poblado en el centro de Afganistán o desde el centro de un desastre natural, lugares a los que los medios tradicionales de envío como el caso de las DSNG o enlaces microondas no podían acceder, y, si finalmente lo conseguían (*fly away: DSNG desmontada en case*), su llegada se demoraba además de muy costosa, costes que terminaban siendo repercutidos en los clientes.

La experiencia de New Bits/Livewire en la transmisión de ficheros y nuestra determinación en sacar adelante el proyecto, condujeron a que, como se apuntaba anteriormente, los equipos ENG de Cuatro/CNN+ y también los de sus principales proveedores en producción de noticias en España, productoras independientes asociadas a nuestro proyecto, comenzaran a trabajar las coberturas con un ordenador en el que se había instalado IP Report, un programa de envío FTP, y una licencia de edición Avid, de tal manera que estos equipos cubrían la noticia, la editaban si era necesario y la enviaban posteriormente, ya lista para al emisión, a nuestro Control Central en Madrid, bien mediante moden USB 3G, o a través de conexiones wi-fi hacia ADSL. Si los procesos se efectuaban correctamente en menos de 5 minutos teníamos disponible la información y sin ningún coste.

Habíamos conseguido, también, eliminar el problema de que la cobertura no estuviera disponible hasta haberse recibido íntegramente, es decir, si la conexión de interrumpía había que empezar de nuevo. Logramos que eso no fuese así, y que a medida que se recibían los primeros archivos ya estuviesen

disponibles para su reproducción, si necesidad de recibir íntegramente el envío para ser emitido. Esto era especialmente importante en coberturas donde el valor de las primeras imágenes era muy considerable.

Además conseguimos que la calidad de las imágenes recibidas por nuestro sistema FTP fuese semejante a la calidad que ofrece un envío satélite o fibra, gracias a la codificación y compresión del programa que desarrollamos. De tal manera que no era apreciable en emisión la manera en la que se habían transmitido las imágenes... para tranquilidad de nuestros realizadores y de todos los que formábamos la redacción. Las imágenes enviadas por IP Report y emitidas en Cuatro/CNN+ tenían calidad broadcast.

La implantación de esta estructura de trabajo redujo considerablemente los costes de envío, además de dotarnos de la independencia de las agencias de noticias que nuestros informativos demandaban y merecían.

1.3 El reto: Conexión en directo por Internet sin limitaciones ni retardo.

Pero el reto estaba ahí, frente a nosotros. El siguiente paso, mucho más difícil y complicado consistía en transmitir en directo vía Internet.

Los envíos FTP, a fin de cuentas con más o menos velocidad de envío y con más o menos calidad de compresión, convierten las imágenes en una serie de archivos que van enviándose sucesivamente, a través de un ancho de banda o una velocidad de transmisión que lo permite. En el servidor de recepción esos archivos se recomponen hasta ofrecer la imagen original. Esta es la razón del mayor o menor ratio temporal de envío, del que hemos hablado. Sin embargo el ratio 1:1, tiempo real, directo, no estaba al alcance de la mano, si queríamos mantener la calidad primitiva. Todos conocemos las videoconferencias, cuya calidad mejora notablemente, o las conexiones Skype, pero también sabemos que la calidad de las imágenes no guarda ninguna relación con la de los directos en televisión, ya que, en líneas generales, es muy inferior a ella. Además en este tipo de transmisiones se producen *cortes, interrupciones, pixelados, congelados, pantalla en negro, buffering*, etc. algo absolutamente inaceptable en televisión, más allá de una conexión de urgencia en caso de se produzca un breaking news.

Toda esta merma en la estabilidad de la transmisión se produce por la enorme compresión a la que se somete a la señal original, así como a la pérdida de información que se lleva a cabo para permitir que el ancho de banda de la Red pueda soportar la conexión en directo y así tratar de restituir la señal primitiva, aunque con una calidad muy baja en relación a la que ofrecen las emisiones de televisión. Por último, y como problema añadido, el formato de la señal

transmitida no ocupa toda la pantalla de televisión, por lo que las conexiones se insertaban en un lugar de la misma, sin ocupar toda su extensión.

El reto no era solo conseguir conectar en directo con nuestros corresponsales, sino que la calidad de la señal fuese tan buena que, no solo llenase completamente la pantalla de emisión, sino que no hubiese dudas entre la calidad de la señal recibida por Internet y la que enviaría un satélite que trabajase con anchos de banda reducidos, como 6 o 4,5 MHz, por ejemplo.

Si CNN+ quería iniciar una nueva etapa abordando nuevos programas en directo y, además, posicionarse como referencia informativa frente a sus competidores, tenía que ser capaz de ofrecer la misma capacidad de cobertura que la competencia ponía en antena. Sin embargo, los costes de producción se dispararían. Por ejemplo, si nuestro corresponsal en Londres entraba en directo durante un minuto en antena por los medios tradicionales de conexión en directo vía satélite y, además, queríamos que el *background* fuese identificativo de la ciudad de Londres y no un *chroma* o un fondo neutro, podíamos encontrarnos con una factura por esa conexión que podía oscilar entre los 1000 y 1200 euros. Si esto lo aplicábamos a los cuatro programas diarios que CNN+ pretendía poner en marcha en su parrilla y en los que las conexiones en directo deberían tener un lugar predominante y obligado, los costes anuales de la partida de enlaces harían insostenible el proyecto de CNN+.

Fue entonces cuando trabajamos con más determinación para conseguir nuestro objetivo, conectar en directo vía Internet, pero con los condicionantes expuestos anteriormente: calidad y estabilidad de la señal.

La condición que nos impusimos como norma incuestionable fue: *En ningún momento, en ninguna transmisión, fuese desde donde fuese y en las condiciones que fueran, nos podríamos permitir que la señal se congelase, se pixelase o se interrumpiese. Si eso ocurría, el proyecto se derrumbaría, la confianza de la redacción en el proyecto y en sistema a implantar se vendría abajo y todo nuestro esfuerzo habría sido en vano.*

Finalmente, tras muchas pruebas y gracias a la coordinación y confianza de todos nuestros equipos, en el otoño de 2009, conseguimos la primera transmisión desde el jardín de un hotel en Nuakchot, Mauritania mediante una conexión wifi con una línea ADSL. Las condiciones no fueron las mejores realmente, pero por vez primera CNN+ conectó en directo por Internet con su corresponsal destacado a la zona. Ni que decir tiene que en ese lugar del mundo no había ninguna DSNG disponible para realizar una conexión en directo.



Fig 298 Primera conexión en directo por Internet en CNN+ (3/12/2009)

Como se puede apreciar en la imagen la calidad de la transmisión es bastante aceptable. La diferencia entre un falso directo y una directo real es obvia, aunque, sin embargo, hay que hacer especial hincapié en una cuestión muy importante. En un canal 24 horas la posibilidad de conectar en directo real con el corresponsal es fundamental ya que permite una interacción entre el presentador y el periodista, pregunta-respuesta, que hace mucha más rica la conexión desde el punto de vista informativo.

En el canal 24 horas no existe la presión que se da en la emisión de un programa informativo en un canal generalista, donde los tiempos asignados a cada evento en la escaleta están muy ajustados, por lo que las conexiones en directo no pueden sobrepasar el escaso tiempo asignado, no más 1 minuto la mayoría de las veces. Esto reta protagonismo a la conexión en si misma e impide la interacción a la que hago referencia. En la siguiente imagen vemos como la presentadora de CNN+ interactúa con el corresponsal Agustín Pérez en Nuakchot.



Fig 299 Interactuación entre presentador y corresponsal en la conexión en directo con Nuakchot

Por cierto, el equipo desplazado a Mauritania envió, previamente a la conexión en directo, la noticia editada en su ordenador con licencia Avid, mediante el programa de transmisión IP Report. Como vemos a continuación la calidad de las imágenes es excelente y el tiempo empleado en el envío estuvo en torno a un ratio de 1:7.



Fig 300 Imágenes procedentes de la noticia editada enviada por FTP desde Nuakchot

El ahorro de costes en este ejemplo es muy importante: a) Conexión en directo Internet si límite de tiempo b) envío de noticia más brutos de cámara, c) edición de la pieza. Cada uno de estos apartados tendría un coste aproximado

de a): 1000 euros por 10 minutos; b) 400 euros 10 minutos; c) 300 euros una hora de edición. El coste de la operación con el sistema de trabajo puesto en marcha fue de cero euros.

Por tanto, dado el éxito de la conexión con Mauritania, comenzamos a implantar el sistema Livewire que nos permitía directos por la Red.

Tomamos las siguientes medidas:

- Todos nuestros equipos de cámara ENG saldrían a las coberturas dotados de un ordenador portátil con elevada velocidad de proceso, en el que se habían instalado los programas IP Report para envíos FTP de alta calidad y rapidez, Livewire para conexiones en directo, una licencia Avid para edición de noticias y un módem 3G.
- Cuando alguno de estos equipos efectuase una cobertura internacional, la primera medida al pisar suelo extranjero debería de ser la adquisición de un módem USB 3G del país para evitar costes de roaming y contar con la mejor de las coberturas de red.
- Todos nuestros corresponsales fuera de España, tendrían un ordenador con las mismas características y programas, además de una pequeña cámara HD que les permitiese grabar noticias sin excesiva complejidad, falsos directos y stand up. Esto significaría un enorme ahorro en costes en servicios de producción y enlaces, ya que ellos mismos serían los operadores de cámara y enviarían por FTP, o entrarían en directo con Livewire.
- Todas nuestras delegaciones en España trabajarían de la misma manera, por lo que les dotaríamos de los mismos programas y máquinas.

Un ejemplo de lo anterior es la estructura de producción montada en la ***delegación de Cuatro/CNN+ en Barcelona***

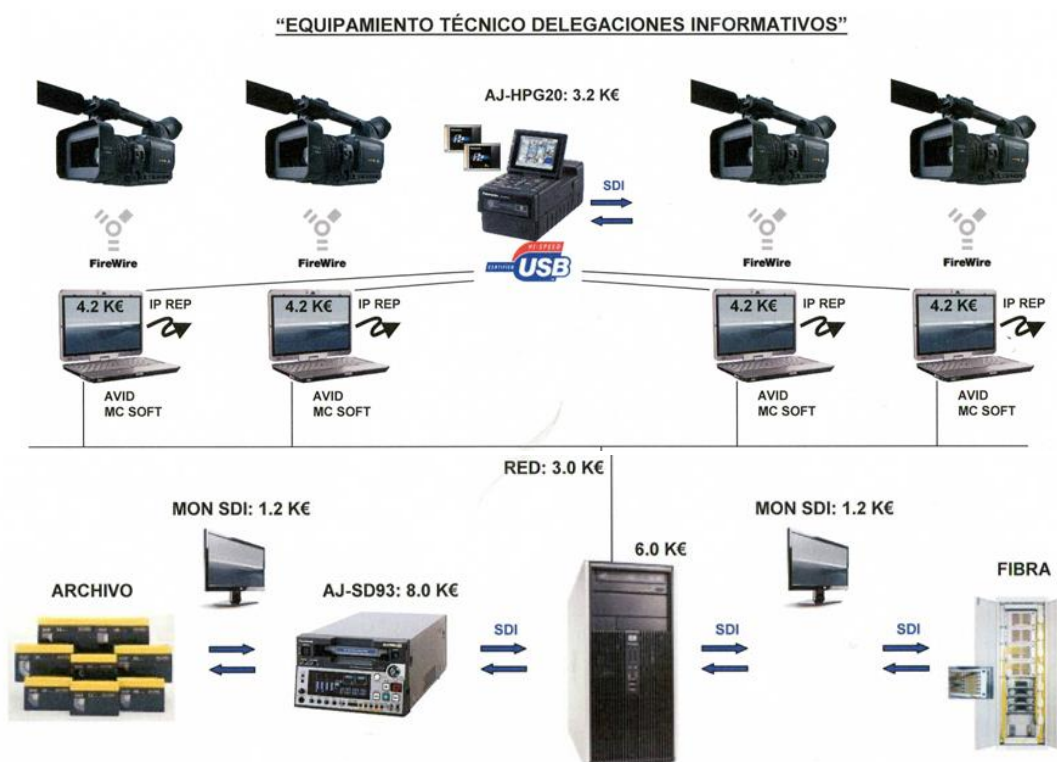


Fig 301 Arquitectura de trabajo en la delegación de Barcelona de Cuatro/CNN+

A partir de este momento, los siguientes pasos consistieron en afianzar el proyecto, seguir investigado en los programas y procesos, y resolver los problemas que fueron surgiendo.

Esto nos permitió abordar el reto con más amplitud de miras.

1.4 Las delegaciones y coberturas internacionales

Si encontrábamos una sede desde la cual tuviésemos un *background* característico de Londres, y pudiésemos hacer lo mismo en París, Pekín, Jerusalén y Buenos Aires, y gracias a la tecnología implantada, podríamos conectar en directo con nuestros corresponsales vía Internet/Livewire.

El número de conexiones de los programas de CNN+ o Cuatro con cada uno de ellos podría ser ilimitada, sin más coste que una línea ADSL.

Así, trabajamos en esta línea y obtuvimos los siguientes resultados.



Fig 302 Ramón Abarca corresponsal de Cuatro/CNN+ en Londres en directo por Internet

Delegación de Cuatro/CNN+ en Londres.

Conexión: Línea ADSL de 2 Mbps de BT.

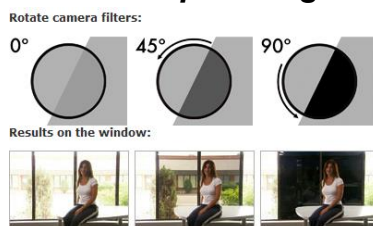
Ordenador portátil en red con Madrid (i-news; correo, corporativo)

Programas instalados: IP report; Live wire; Avid

Cámara XL2 manejada por el corresponsal



RoscoView en la ventana de fondo para regulación del contraluz y



contraste.

Número de directos en un año : más de 600 aprox.(una media de 1,5 diarios)

Costes de transmisión: 150 euros/mes por la línea ADSL

Ahorro : 700.00 euros (coste directo por satélite, 10 minutos, 1200 euros)



Fig 303 Corresponsal de Cuatro/CNN+ en directo por Internet desde Londres

En Pekín nuestro corresponsal, Mario Saavedra trabajando de la misma manera y con la misma estructura técnica:



Fig 304 Corresponsal de Cuatro/CNN+ en Pekín en directo por Livewire.

En la crisis de **los mineros atrapados en la mina Conchita en Chile**, nuestro **corresponsal en Buenos Aires, Ángel Sastre**, enviando por FTP con IP Report y entrando en directo por Livewire, sin costes de enlace.



Fig 305 Corresponsal Cuatro/CNN+, Angel Sastre desde la mina Conchita en directo por Livewire.

Obsérvese en la imagen las estaciones DSNG situadas a la espalda de Angel, con unas tarifas de conexión en directo de 1000 euros 10 minutos. La conexión de Angel no tuvo ningún coste, fue ilimitada en el tiempo y puedo entrar en varios informativos de las dos cadenas.



Fig 306 Interacción con los presentadores. Las imágenes de la doble ventana de la derecha fueron enviadas por FTP mediante el programa IP Report con un ratio de 1:6

O en Afganistán donde Cuatro/CNN+ envió a su corresponsal David Beriain. El directo se realizó a través de *Livewire*. Las imágenes grabadas por el operador de cámara fueron enviadas a través de IP Report desde un hotel en Kabul, previa edición en *Avid* en el ordenador portátil.



Fig 307 Directos y envíos IP Report desde Afganistán

Nuestra corresponsal en París, Tatiana Bensa trabajando con la misma estructura técnica



Fig 308 Corresponsal de Cuatro/CCN+ en París en directo mediante Livewire

Cuando nuestros corresponsales se tenían que desplazar a otros puntos, viajaban con su equipo de directo, ordenador, programas de conexión y pequeña cámara. Es el caso de la cobertura de Ramón Abarca en Belfast cubriendo la crisis suscitada por la puesta en libertad de De Juana Chaos. En realidad, los costes de esta cobertura se limitaban a la estancia, dieta y vuelo a Belfast. Operación de cámara, edición, envíos y directos no tenían ningún coste.



Fig 309 Ramón Abarca delegado en Londres cubriendo una noticia en directo desde Belfast mediante conexión Livewire.

1.5 La evolución de las conexiones por BGAN

Llegamos a la conclusión que si en ciertas coberturas de gran dificultad, en las que las condiciones del entorno y las redes de comunicación estuviesen gravemente dañadas, el uso de un equipo BGAN, como vimos al inicio de este informe, estaba muy justificado aunque debíamos mejorar los ratio de envío excesivamente altos y costosos, ya que la tarifa por minuto de segmento espacial en los satélites Inmarsat con lo que trabajan los equipos BGAN es muy alta.

Para mejorar esta situación, unimos las tecnologías IP Report, Livewire y BGAN, de tal manera que, en realidad, íbamos a usar el equipo BGAN como un moden que nos conectase con el satélite, aprovechando el ancho de banda que nos brindaba su antena, 250Kbps, parecido a la red 3G, para enviar archivos de video mediante el programa IP Report y directos con el programa Livewire.

Tuvimos oportunidad de poner en práctica nuestra idea, y el resultado no pudo ser mejor. Enviamos a nuestra reportera Edurne Arbeloa a al terremoto ocurrido en Puerto Príncipe en Haití con el equipo descrito, siendo la primer televisión de España en transmitir desde el lugar del desastre, en parte gracias a la agilidad de nuestro equipo y en parte por la lentitud y demora para que llegasen a Haití de los medios tradicionales de conexión, DSNG y Fly away, lo que nos dio una gran ventaja.

El equipo de Cuatro/CNN+ nada más entrar en Puerto Príncipe, lugar en que las comunicaciones y redes estaban destruidas, pudo enviar su material mediante BGAN apoyado en el programa IP Report obteniendo un ratio de envío muy bajo 1:7, y conectando posteriormente en directo por Livewire.



Fig 310 Edurne Arbeloa corresponsal de Cuatro/CNN+ en Puerto Príncipe. Primera cadena española en informar desde el lugar de los hechos.

Un esquema similar aplicamos en la cobertura de la primavera árabe en Egipto, situándonos en la plaza Tharir en El Cairo, desde donde nuestro equipo transmitió en directo mediante un BGAN apoyado en Livewire.



Fig 311 Conexión en directo mediante BGAN y Livewire desde la plaza Tahrir en El Cairo



Fig 312 La imágenes fueron enviadas mediante BGAN apoyado en IP Report.

1.6 Los dos grandes éxitos.

La evolución del sistema continuó su camino y en él se produjeron dos hitos importantes que distinguieron a nuestras dos cadenas, y pusieron de manifiesto las enormes posibilidades del sistema si todas las partes implicadas en el proceso de producción se coordinaban y mantenían un nivel de concentración y trabajo notable.

En la Cumbre del Clima celebrada en Copenhague todos los medios de comunicación españoles se dieron cita ya que, entre otros motivos, el Presidente del Gobierno, Rodríguez Zapatero acudía a la misma.

Los operadores de satélite y fibra óptica enviaron sus medios, DSNG a la cumbre para realizar la cobertura de la misma.

Nuestros equipos viajaron con los medios implantados en Cuatro y CNN+, es decir con ordenadores portátiles con IP Report y Livewire para conexión en

directo. Éramos independientes y nuestro equipo no estaba sujeto ni a la disponibilidad ni a las tarifas de los operadores de satélite.

Todo funcionó correctamente según lo teníamos previsto. Las ruedas de prensa del Presidente se ofrecían como señal pool gratuita, por lo que un operador de satélite, Overon, las producía y distribuía a los medios. Sin embargo, el último día, cuando todos los medios y operadores habían recogido sus pertenencias y equipos, el Presidente Rodríguez Zapatero ofreció una rueda de prensa imprevista, no planificada y por sorpresa.

El problema era que ni Overon ni ningún otro operador de satélite podía llegar a tiempo, tirando cables y desplegando antenas de satélite para ofrecer la rueda de prensa del Presidente en directo, como había ocurrido hasta ese momento.

Sin embargo, el equipo de Cuatro/CNN+ instaló su cámara frente al atril donde el Presidente iba a hablar, conectó la cámara al portátil y este por wi-fi a una ADSL del centro y pudo ofrecer la rueda de prensa en directo ante la estupefacción de los demás medios españoles que no comprendían cómo podíamos hacerlo.

Moncloa nos pidió el favor de que distribuyésemos nosotros esa rueda de prensa a los medios, como así hicimos.



Fig 313 Rueda de prensa del Presidente del Gobierno en Copenhague producida por el equipo de Cuatro/CNN+ mediante conexión Livewire.

Unos meses después, la Selección Española de Fútbol se proclamó Campeona del Mundo de Fútbol en Sudáfrica.

La llegada de la selección a España suscitó una enorme expectación. Todos los medios de comunicación, españoles y extranjeros esperaban a pie de pista la llega de los jugadores a Barajas, como podemos ver en la imagen.



Fig 313 Llegada de la Selección Española a Barajas tras proclamarse Campeona del Mundo.

Cámaras en directo, DSNG, Fly Away y enlaces microondas preparados para transmitir en directo la ansiada apertura de la puerta del avión y la llegada de los jugadores campeones.

Pero el equipo de Cuatro/CNN+ que viajaba en el avión con los jugadores tenía una gran ventaja sobre todos los medios y operadores. Llevaba consigo un equipo Livewire, una cámara, un ordenador y un módem USB 3G.

Por tanto, podíamos pedir a nuestro equipo que nada más aterrizar, y desde dentro del avión, se conectasen y transmitiesen en directo por Internet lo que ocurría dentro del aparato, la fiesta de los internacionales llegando a España. Y así lo hicimos.



Fig 314 Conexión en directo desde dentro del avión que el equipo de Cuatro/CNN+ realizó nada más aterrizar en Barajas.

La estupefacción de los demás medios y cadenas fue mayúscula. ¿Cómo lo estábamos haciendo? ¿Cómo podíamos salir en directo desde dentro del avión y con esa calidad? ¿Cómo lo conseguimos? ¿Ellos en la pista esperando y Cuatro/CNN+ en directo desde dentro del avión?

¿Cuál era el secreto?

1.7 Reflexiones finales: Las cadenas que se adelantaron a su tiempo

La respuesta espero que se haya sido respondida, tras la lectura de este estudio.

En aquellos tiempos, las conexiones por Internet estaban comenzando a ser estudiadas por las cadenas.

Cuatro/CNN+ dio un paso de gigante al adelantarse en el tiempo a todos los demás, consiguiendo excelentes resultados , reduciendo considerablemente los costes y enriqueciendo exponencialmente la pantalla de las dos cadenas con contenidos en directo y con coberturas con FTP rápidas y de calidad.

Por aquel entonces, salió al mercado un producto que también transmitía en directo por Internet, de nombre Live U. Los responsables de la marca vinieron a vernos en distintas ocasiones, aunque nunca pudimos llegar a un acuerdo por varios motivos.

- El objetivo no era solo transmitir en directo por Internet, sino permitir una interacción entre los presentadores y nuestro enviado especial o reportero. Live U no podía ofrecernos esa posibilidad porque el retardo

de audio que se producía con sus equipos era de 21 segundos!!! Lo que imposibilitaba mantener una conversación entre presentador y corresponsal. Todo eso afortunadamente ha cambiado y LIVE U es líder mundial en transmisiones con latencia de 2 segundos

- Livewire tuvo un retardo de audio en sus conexiones de menos de 2 segundos.
- Los costes de Live U hacían inviable su uso. Una vez más no era cuestión de transmitir en directo por Internet sino fundamentalmente poder hacerlo muchas más veces que por satélite y a la vez reducir los costes. Esto también ha cambiado. Los costes hoy en días son 3 veces más reducidos que entonces.

PRESUPUESTO



| Nº MOCHILAS | Nº HORAS | DURACION | PRECIO MES UNIDAD | COSTE MINUTO | HORA EXTRA |
|-------------|----------|----------|-------------------|--------------|------------|
| 1 | 30 | 1 AÑO | 4.000,00 | 2,22 € | 180 |
| 2 | 30 | 1 AÑO | 3.900,00 € | 2,17 € | 180 |
| 3 | 30 | 1 AÑO | 3.850,00 € | 2,14 € | 180 |

Fig 315 Coste de LIVE U en el año 2010

Como podemos ver en la figura, los costes de una mochila (y necesitaríamos una por equipo) y solo por 30 horas de conexión, más los coste por minuto y los extras, convertían a Live U en un medio de producción.... mucho más caro que una transmisión por satélite con una DSNG!!! Este es un presupuesto recibido en Cuatro/CNN+ en el año 2010.

- El uso por parte de Cuatro/CNN+ de la tecnología implantada y desarrollada por sus equipos de Producción e Ingeniería, redujo considerablemente los costes de enlaces e hizo mucho más ágiles y productivos a sus equipos.
- En definitiva, como se apuntó al principio de este estudio, Cuatro/CNN+ se adelantó varios años a su tiempo. Aunque desgraciadamente, todos sus avances han quedado sepultados en el olvido y no han sido recuperados... hasta la llega de LIVE!. Pero eso lo veremos más adelante

CAPÍTULO ONCE:

TRANSMISIÓN DE SEÑALES POOL: LA IMPORTANCIA DEL IBC COMO CENTRO DE COMUNICACIONES

TRANSMISION DE SEÑALES POOL. LA IMPORTANCIA DEL IBC COMO CENTRO DE COMUNICACIONES.

A pesar de que el acceso a la información es un derecho con el que cuentan tanto los medios de comunicación como los ciudadanos en general, en muchas ocasiones es literalmente imposible que los medios accedan con sus equipos de producción a la cobertura de una noticia o evento, tanto si esta se produce en directo como si la producción es grabada o, incluso, equipos de fotografía, denominados gráficos.

Por tanto, se producen desencuentros entre aquellas instituciones o particulares que son foco de la noticia y aquellos medios que tienen la intención de producirlos para informar a su audiencia. El problema radica en que medios pueden acceder al evento y cuáles no, y, además, cual es el criterio para que se sigue para la selección.

En realidad, una señal pool, es una producción que ejecutan uno o varios medios, o empresas de servicio audiovisuales, para que otros medios, y empresas de servicio, tengan acceso a ella.

Algunos autores no ven distinción entre señal pool y señal institucional, pero en el mundo de la producción audiovisual existe una clara e inequívoca distinción.

La señal pool es una señal que produce un medio, o empresa de servicio, y que tiene unos costes de producción asociados por pequeños que sean. Algunas veces, la señal pool lleva consigo costes relativos a derechos de emisión, en los que se incluyen los correspondientes a producción y transporte de señal.

Sin embargo, como veremos más adelante, una señal institucional es una señal pool que no tiene asociado ningún tipo de coste adicional, ni de producción de la misma, ni de transporte como tampoco de derechos.

1. Características de la señal pool.

En realidad, el productor de la señal pool se convierte circunstancialmente en agencia para aquellos que acceden a la misma. Temporalmente, mientras se desarrolle el evento, el generador de la señal pool, es el centro de producción para todo aquello asociado al mismo. Desde la acreditaciones de acceso, hasta los datos de transporte de señal. A este medio generador de la señal, se le suele denominar host broadcaster, término que, en una traducción literal, viene a significar centro para televisiones, es decir, el medio encargado de atender todas las necesidades de producción relacionadas con el evento en sí. Es muy posible, que los medios quieran acceder al recinto donde se produce el evento a pesar de la imposibilidad de transmitirlo en directo, e incluso de grabar imágenes, tal vez porque su presencia es un valor añadido a sus programas informativos, bien porque van a sumar una narración de los hechos, o bien porque tienen intención de personalizar la señal pool conectando en directo antes, durante o después del desarrollo del evento. Cabe también la posibilidad de que los medios que no producen la señal pool, decidan no acudir al lugar donde se desarrolla el acto noticioso, bien por cuestiones de comodidad, ya que reciben la señal pool en su centro de producción, bien por razones presupuestarias ya que el desplazamiento de equipos para la personalización del evento no es rentable o demasiado costoso, o bien porque el acto en sí no tenga la relevancia que un gasto específico merece.

En el caso de que los medios quieran acceder al evento para personalizarlo con su presencia, es también posible, que dicho acceso se produzca en los exteriores del recinto donde se desarrolla. Podríamos pensar que el acceso a los exteriores del lugar físico donde se está produciendo el hecho noticioso debería ser libre y sin restricciones y que, por tanto, el host broadcaster, no debería tener ningún tipo de restricción al respecto. Pero en la realidad no es así, ya que por motivos de seguridad y de ordenación de los medios de producción de aquellos broadcaster que desean personalizar el evento, una correcta disposición de los mismos según las necesidades de cada uno, harán más racional y sencillo el transcurso del mismo. En este caso, la intervención de las instituciones es de gran valor, ya que, junto con el host broadcaster, canalizan y ordenan el enorme despliegue que, en muchas ocasiones se produce. En algunos casos, dicha intervención de las autoridades alcanza los poderes máximos del Estado, ya que, el hecho noticioso atrae no solo a medios nacionales sino a gran cantidad de medios internacionales, a empresas extranjeras encargadas de facilitar servicios de producción y transporte de señal. En esos casos, una ordenación rigurosa de acceso, identificación, acreditación y control, permite regular con orden la avalancha de medios que se produce.

Pensemos en un evento deportivo como ejemplo de señal pool. La final del Campeonato del Mundo de Fútbol, la final de la Champions League o las Olimpiadas, por citar tres competiciones que son seguidas desde cualquier punto del planeta por millones de personas, y que son, centro de atención de las televisiones de todo el mundo.

Para empezar, los tres eventos citados tienen derechos de emisión. Es decir, para que una cadena de televisión o broadcaster, pueda emitirlos en su parrilla de programación, previamente ha de adquirir los correspondientes derechos de emisión. Eso le da derecho a recibir la señal pool en exclusividad y, por consiguiente, a emitirla sin competencia en el área geográfica donde está regulada gubernamentalmente su emisión.

En estos casos concretos se dan unas circunstancias especiales, y fundamentalmente en el caso del fútbol. El escenario donde se producirá el evento a pesar de su grandiosidad es de reducidas dimensiones para acoger a cuantos medios de comunicación quieren estar presentes. Este es uno de los condicionantes principales a los que se enfrenta FIFA o UEFA a la hora de elegir el estadio de fútbol que acogerá final de la competición ya que no es solo imprescindible que el terreno de juego tenga las medidas reglamentarias, que el acceso de aficionados esté dentro de los parámetros que obliga la ley, que el aforo sea lo suficientemente grande para dar cabida a las peticiones de asistencia de ciudadanos, que el recinto tenga un acceso cómodo y sencillo con redes de transporte público, sino que, además, sea un estadio moderno e inteligente que permita el trabajo de los medios de comunicación que cubrirán el choque. Es decir, que cuente con una infraestructura técnica adecuada, en la que hay que señalar como elementos determinantes una zona exclusiva y acotada para medios, con sus correspondientes cabinas individuales donde situar a los respectivos medios, sean tanto televisiones, como radios o prensa escrita. Que en sus espacios acotados, puedan situarse los corresponsales para realizar su trabajo tanto sea la narración en directo del evento, como una sencilla i a una cámara o una cabina-set donde ubicar tres cámaras que producen un sencillo programa previo al partido y un programa post partido, espacio en el que además del presentador-narrador pueden situarse dos o tres invitados. Habitualmente, este espacio-set tiene como background el propio terreno de juego, pero no hay que descartar que en el propio estadio, en distintas localizaciones haya pequeños estudios de televisión cerrados, en lo que se es posible incrustar la imagen del terreno de juego en un croma key, o, incluso en un espacio virtual, para producir la señal personalizada que los broadcasters demandan.

Pero también es posible que el medio de comunicación que ha adquirido los derechos de emisión de la competición, desee producir un espacio televisivo con un despliegue de medios mayor que el que la organización proporciona, es decir, que el set en la cabina de comentaristas con tres cámaras no sea suficiente para sus aspiraciones. En ese caso, es necesario acotar un espacio en las afueras

del estadio donde ubicar unidades móviles de producción, grupos electrógenos imprescindibles para el correcto funcionamiento de las unidades y los camiones auxiliares de producción, así como las estaciones de transmisión y recepción vía satélite de cada uno de los broadcasters y medios acreditados. En ese espacio exterior al estadio, ordenado y regulado, accesible mediante la correspondiente acreditación, se sitúan en ocasiones estructuras móviles que sirven de set o plató de exteriores para la personalización de los broadcasters que requieran este servicio.

Es pues imprescindible que el estadio elegido para albergar la final de fútbol, o en su caso otro evento deportivo, esté dotado técnica y tecnológicamente para que las cabinas y posiciones de comentaristas que posee estén convenientemente cableadas, cuenten con los medios adecuados tanto en cuanto a líneas telefónicas necesarias para la coordinación, retorno de audio y comentarios de cada uno de los medios que se personen en el evento, como también, el correspondiente cableado con las unidades móviles situadas en el exterior del recinto que recogen la producción realizada en esos set para sumar otro tipo de producción antes de enviar señal de programa al centro de producción. Una red de conexiones de fibra es, por consiguiente, imprescindible en el recinto, no solo para transportar señales hacia unidades móviles exteriores, sino para recibir en cada una de las cabinas y posiciones de comentarista la correspondiente señal pool del partido, de tal manera que cada uno de los corresponsales desplazados, situados en sus correspondientes posiciones y cabinas, puedan narrar el partido siguiendo el juego mediante la realización del host broadcaster, incluyendo en la señal pool un grafismo que informe sobre tiempo transcurrido, marcador, goleadores, cambios y amonestaciones. Esta señal pool, también ha de llegar a las unidades de producción situadas en el exterior del estadio para la realización de los programas que cada uno de los broadcasters considere oportuno, pudiendo por tanto, cada uno de ellos, mezclar la señal procedente de su cabina-set de comentarista con las señales que el mismo produzca en el exterior del estadio y señal pool, configurando esta forma un programa propio y personalizado que en cada caso será diferente del broadcaster o medio que está acreditado en el estadio. De eso se trata en realidad, de hacer nuestra la producción que el host broadcaster produce para todos igual, es decir de convertir una señal pool universal en una señal propia y diferenciada de los demás.

En algunos casos en que el evento sea de interés mundial, el host broadcaster ofrece a sus clientes, es decir a aquellos que adquirieron los derechos de emisión del evento y por tanto la señal pool, una señal con cierta y determinada personalización, ya que es posible ofrecer la señal pool con un grafismo particular en determinados idiomas. Para eso, unidades de grafismo, entregan a los peticionarios la señal pool con un grafismo particular en el idioma requerido,

(chino, japonés, árabe, etc) para que la personalización del medio sea lo más coherente y completa posible.

También en determinadas ocasiones, y siempre que las condiciones de espacio del recinto lo permitan, el host broadcaster y la organización propietaria de los derechos lo permitan, es posible sumar a las cámaras que producen la señal pool, unas cámaras propiedad de un medio que, sumadas a las anteriores, dan como resultado una personalización más acusada del evento. Esta posibilidad solo existe para aquellos broadcasters que hayan adquiridos los derechos de emisión. Por ejemplo, en la competición de atletismo de los JJOO en la que en el estadio olímpico se producen simultáneamente varias disciplinas deportivas, el host broadcaster entrega la señal pool siguiendo un criterio propio a la hora de mostrar una u otra disciplina. Este criterio tiene como norma el interés informativo común, sin que exista discriminación positiva en función de atletas, nacionalidades o disciplinas. Por ejemplo, si la señal pool está siguiendo la competición de jabalina siendo esta la señal de programa, y en un determinado momento salen a la pista los finalistas masculinos de los 100 metros lisos, que está considerada la competición estrella de los juegos, el realizador de la señal pool atenderá, lógicamente, el interés informativo general, que en ese instante es la llegada a sus posiciones de salida de los finalistas, que, por cierto son aclamados por el estadio. Ese es el interés y la señal pool ha de mostrar ese momento, más allá de quien sea el participante se disponga a lanzar la jabalina. Esto, que ocurre muy a menudo en un estadio donde se producen distintas competiciones al mismo tiempo, causa una evidente frustración al país cuyo representante va a lanzar la jabalina en la final de la especialidad y que ve como la señal pool abandona el ansiado lanzamiento para ofrecer a los atletas de la final de los 100 metros. La solución a este problema es autorizar a los broadcasters que los soliciten a introducir una cámara, y en ocasiones más de una, que les dé opción de seguir en detalle la competición que desee, bien porque participan atletas de su misma nacionalidad o bien porque la competición es de máximo interés para el peticionario. Esta o estas cámaras complementarias, no se suman a la señal pool a pesar de estar en el estadio, sino que se convierten en cámaras personalizadas para las televisiones que lo han solicitado. De esta manera, aunque los atletas participantes de la final de los 100 metros salgan a la pista y la señal pool ofrezca su llegada la posición de salida, una televisión que tenga interés en la disciplina de jabalina, puede seguir la competición con sus propias cámaras, sumando estas a la señal pool y realizando un programa propio y personal que muestra lo que el espectador de ese país quiere realmente ver.

También es posible que la organización y el host broadcaster atienda la petición de sus clientes y entregue en la unidad móvil correspondiente ajena a la organización la señal procedente de las cámaras que están produciendo la competición de jabalina, al estilo de una producción a la carta. Esta posibilidad

solo será efectiva cuando esas cámaras solo se dediquen a la captación de las imágenes de dicha competición, no actuando de ninguna manera en la realización de otras competiciones o en la captación de otros puntos de vista de las actividades deportivas que se están produciendo en el estadio, es decir, una especie de cámaras a la carta que el broadcaster correspondiente puede solicitar a la organización con el fin de personalizar su producción.

En todo caso, en los ejemplos que nos ocupan, lo que es incuestionable es la necesidad de los broadcasters poseedores de los derechos de recoger en directo las valoraciones y reacciones de los protagonistas del evento. Bien antes o después de la competición. En algunos casos, el host broadcaster, ofrece la rueda de prensa posterior a la competición como parte de la señal pool y que suele finalizar con la producción de esta rueda de prensa, del entrenador en el caso del fútbol, del piloto o pilotos en el pódium en el caso de las carreras de coches o motos, posterior a la entrega de trofeos. Finalizada la señal pool, las reacciones de los protagonistas han de ser producidas y recogidas con los medios de producción de la televisiones, radios o prensa escrita, con lo cual, es necesario habilitar en los recintos deportivos los correspondientes espacios para que los medios puedan desarrollar su labor. Es la conocida como zona de prensa, en la que el organizador puede habilitar espacios personalizados y acotados para tal fin. La producción de estas reacciones puede ser en directo y formar parte del programa post-competición que comentamos anteriormente. Para su realización, la organización puede ofrecer servicios de producción y transporte de señal, u ofrecer al broadcaster la opción de trabajar con sus medios de producción y transporte situados en los exteriores del estadio. En ambos casos, el hecho de que la señal pool esté disponible en la unidad móvil de producción hace posible un tipo de entrevista al protagonista del juego o competición en la cual el periodista puede mostrar a su entrevistado un lance del juego con competición con la intención de que lo comente o analice. En la gran mayoría de los casos estas imágenes proceden de la señal pool que ha sido grabada en la unidad móvil de producción, propiedad del broadcaster, para posteriormente ser lanzadas hacia un monitor de presencia en la zona de prensa donde se está produciendo la entrevista, gracias al cableado técnico que el estadio posee. En el caso de que esta infraestructura técnica no exista, es potestad de cada broadcaster realizar el correspondiente tendido técnico que, de manera provisional, dotará de medios adecuados para la producción del programa.

Siguiendo con las competiciones deportivas y la generación de la señal pool, hay casos en los cuales se generan dos señales pool independientes y diferentes. Este ocurre, cuando la publicidad presente en el terreno de juego es distinta y particular para cada país en concreto, que por razones geográficas y estratégicas no comparten los mismos criterios publicitarios, siendo los bienes de consumo muy contrapuestos en cada zona. Por ejemplo, en un partido de baloncesto, es

posible que en una parte del recinto, y concretamente en una de las gradas se coloquen las cámaras para la producción de la señal pool destinada a una serie de países de un entorno que comparten un estilo de vida y de cultura relativamente común, recogiendo el juego desde un ángulo concreto así como la publicidad presente en los espacios habilitados a pie de pista, y, simultáneamente en la grada de enfrente, en la que estarían ubicadas las cámaras denominadas de ángulo contrario de la mencionada señal pool, se sitúen otras cámaras correspondientes a una segunda señal pool, que produce el mismo host broadcaster, pero con la particularidad de que muestra el juego desde el ángulo contrario captando una publicidad a pie de pista distinta a la anterior destinada a un determinado contexto geográfico y cultural diferente, de tal manera que en la práctica, se producen dos señales pool complementarias, cada una de ellas con una publicidad distinta y particular.

2. IBC Internacional Broadcaster Center

Cuando los eventos se hacen multitudinarios en cuanto al interés y presencia de cientos de medios de comunicación procedentes de la práctica totalidad de los países del mundo, y a su vez, de cada uno de ellos, varios medios de comunicación, el organizador del evento se ve en la obligación de habilitar un espacio común que albergue todo tipo de facilidades tanto técnicas como logísticas.

El objetivo de los medios desplazados al lugar del evento no es otro que cubrirlo con las máximas garantías, tanto de acceso a la señal pool, como a la información que se genere, que permita elaborar las crónicas pertinentes tanto sean de texto y fotos, como audiovisuales.

El medio desplazado, sus periodistas, corresponsales y analistas, necesitan, además contar con las ruedas de prensa que se produzcan, las reacciones de los protagonistas o sus jefes de prensa y las incidencias que marcan el día a día del evento.

Habitualmente, un centro como el IBC se monta para eventos deportivos de gran nivel y repercusión continental y/o mundial, pero también para hechos noticiosos de enorme transcendencia. Entre los primeros, podemos citar a los Campeonatos de Mundo de Fútbol, la Eurocopa, los JJOO de verano e invierno, los Mundiales de Baloncesto, los europeos de Baloncesto, etc. Es decir, competiciones a las que acuden un número de países clasificados en las rondas previas, o en el caso de los JJOO, miles de atletas procedentes de un importante número de países que compiten en muchas disciplinas olímpicas durante varias semanas de juegos. En todos los casos, estos eventos son seguidos en todos

los continentes con gran interés, y, por consiguiente, los medios tienen la obligación de informar a su audiencia de la mejor y más amplia manera posible.

De tal manera, que en estos eventos deportivos se dan cita en la ciudad elegida como sede muchos medios de comunicación, televisiones, radios prensa, revistas especializadas e incluso empresas de producción cinematográfica y documental que desean hacer la película de la competición, si es que entra en conflicto con la producción que la propia organización en bastantes ocasiones lleva a cabo.

En el caso de hechos noticiosos no relacionados con el deporte, nos encontramos con eventos como las bodas reales, los funerales de estado, los juicios sumarísimos, o las conferencias de paz. El encale entre el Rey Felipe VI y la Reina Doña Leticia, atrajo a Madrid a multitud de medios nacionales e internacionales, las bodas de la realeza británica fueron tan foco de atención como lo fueron los funerales de la Princesa Diana, el juicio que se celebró en Madrid sobre los atentados del 11M y que duró meses fue un hecho relevante para medio mundo, así como la Conferencia de paz de Oriente Medio que tuvo el Palacio de Oriente de Madrid como sede. El último caso, lo hemos vivido con la coronación de Felipe VI.

En unos casos y en otros, los medios de comunicación se ponen en contacto no solo con los organizadores del evento, como FIFA, UEFA, Comité Olímpico Internacional, FIBA, etcétera, sino con las propias autoridades gubernamentales del país si el evento trasciende a lo deportivo. Muchos son los aspectos a considerar: desde la seguridad de los equipos desplazados, pasando por su alojamiento en una ciudad que se convierte en anfitriona de miles de huéspedes ocasionales, hasta las facilidades técnicas que precisan para hacer su trabajo.

Pero en realidad, todos ellos, sea cual sea su procedencia y sus objetivos profesionales en cuanto a cobertura mediática, necesitan dos aspectos de la producción absolutamente imprescindibles. El primero y principal es el acceso a la señal pool. Ninguno de esos medios puede acceder al estadio, o juicio, o recorrido de la boda real, con más de alguna cámara, como se apuntó anteriormente, para cierta personalización del evento, pero no están ni autorizados ni preparados para generar una segunda señal del evento al estilo y capacidad de la señal pool principal. Por consiguiente todas sus coberturas pasan por el acceso a dicha señal, necesitan acceder al partido de fútbol para editar resúmenes, o aislar determinadas jugadas para su posterior análisis, o contar con los testimonios de los acusados en el juicio, o las conclusiones del fiscal, o emitir en directo en su respectiva televisión que tal vez se encuentre al otro lado el mundo, la señal en directo del enlace real.

Lo que es evidente, es que la correspondiente organización permitirá ubicarse únicamente a las cámaras correspondientes a la señal pool y no a otras, porque si lo hiciese, sería imposible la producción del evento, entre otras cosas por mero

espacio físico. No cabe la posibilidad de que los servicios informativos de todas las televisiones traten de introducir cámaras propias en el juicio del 11M, por mucho que deseen tener un punto de vista particular y exclusivo, porque si la Justicia lo autorizase la sala donde se celebra el juicio, por muy grande que fuese sería más un circo que un lugar donde se imparte justicia. No es asumible, ni siquiera se planteable esta posibilidad. Esta es la razón principal de la existencia e importancia de la señal pool. Es un medio el que produce y es un medio el que distribuye a los demás. En algunos casos, cuando la cobertura es muy amplia, los medios que producen la señal pueden ser más de uno. Esto se produce, fundamentalmente porque la cobertura es muy amplia, ben en medios de producción y/o en zonas a cubrir. Un ejemplo al respecto fue la llegada triunfal a Madrid de la Selección Española de Fútbol después de proclamarse campeona de la Eurocopa de 2008. Los puntos a cubrir fueron el aeropuerto, el recorrido por la calles de Madrid hasta llegar a la Plaza de Colón donde esperaba la afición. Un recorrido de casi 5 horas que precisó de varias unidades móviles, equipos inalámbricos en moto, helicópteros, estaciones vía satélite etcétera. La cobertura de la señal pool corrió a cargo de Cuatro con la ayuda de la televisión autonómica Telemadrid. Veamos el esquema de producción que nos ayudará comprender mejor como se produce una señal pool, y en esta caso, con el concurso de más de un medio.

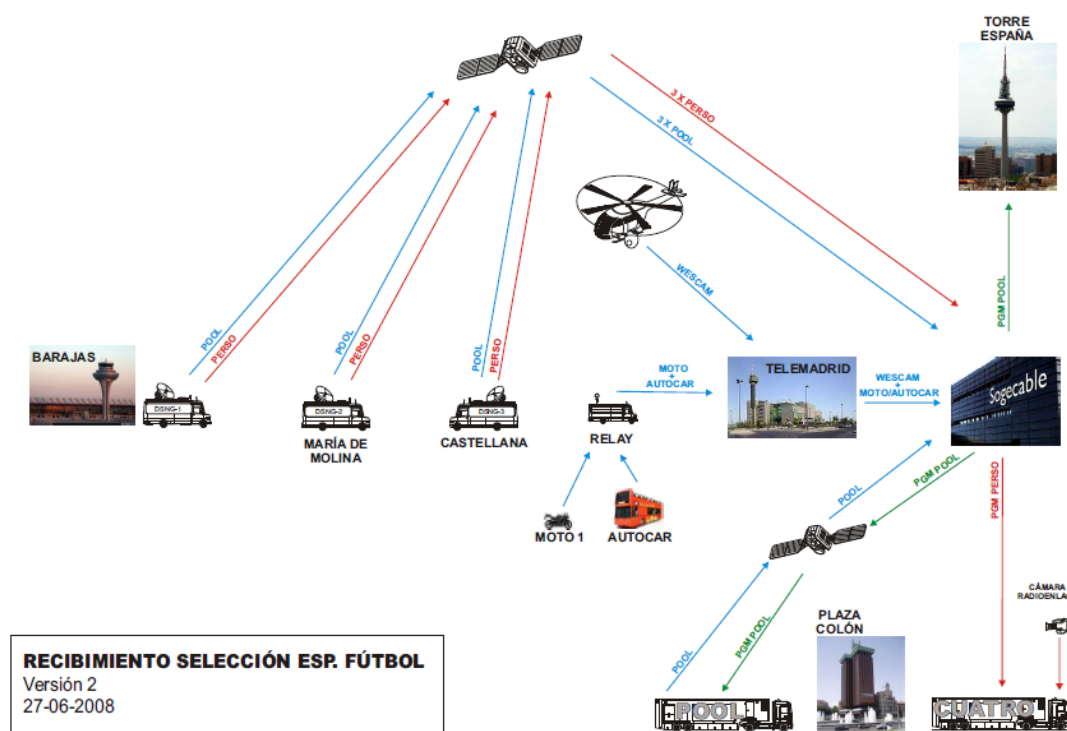


Fig 315 Plan de producción de Cuatro/CNN+ para la cobertura del recibimiento a la Selección Española de Fútbol

El esquema nos muestra el despliegue para dicho recibimiento.

Vemos que una Unidad Móvil se ocupó de la llegada a Barajas. Esta Unidad Móvil, no solo recogió el momento de la llegada de los jugadores al aeropuerto, sino que además, gracias a una estación vía satélite, DSNG, transmitió en directo la señal al satélite. Este satélite fue recibiendo la señal procedente de la Unidad Móvil en María de Molina al paso del autobús de los jugadores y de la Unidad en el Paseo de la Castellana. El autobús donde iba la Selección fue seguido en todo momento por una moto con una cámara dotada con enlace inalámbrico RF con codificación COFDM, que enviaba la señal a un vehículo que hacía de relay o repetidor, de tal manera que esta señal alcanzaba las antenas situadas en el edificio de Telemadrid. El helicóptero dotado de una cámara wescam estabilizada y un enlace de recepción (RX) de la moto y un enlace de transmisión (TX) enviaba la señal de uno u otro, moto o helicóptero a la sede de Telemadrid. El MCR, Control Central de Telemadrid, recogía las señales de moto y wescam y la transmitía al MCR de Sogecable/Cuatro que a su vez bajaba la señal del satélite con el paso del autobús por Barajas, María de Molina y Paseo de la Castellana, hasta llegar a Colón, destino final. En la Plaza de Colón una Unidad Móvil producía el evento y enviaba la señal de programa vía satélite a Sogecable/Cuatro, que junto con las anteriores, las pasaba al centro nodal de Torrespaña que distribuía la señal pool resultante en cuantos peticionarios hubiese.

Hablaremos de este tipo de despliegue y su producción en otros capítulos. Sirva este ejemplo como producción de la señal pool de un evento relevante y de gran interés para muchas cadenas de televisión. En él observamos que no solo el organizador ha de dar su visto bueno a la generación de la señal pool, en este caso, la Real Federación Española de Fútbol, sino que el concurso, participación y presencia activa de las autoridades es vital. Instituciones del Estado, como Policía Nacional, Guardia Civil y Policía Municipal, son actores protagonistas e imprescindibles en este despliegue. Los medios desplegados en el recorrido para preservar la seguridad de jugadores, medios y espectadores son de la máxima importancia. Regular adecuadamente estacionamientos y tráfico evita colapsar la ciudad y generar un caos en sus calles. Los servicios de sanidad y urgencias en este tipo de aglomeraciones son imprescindibles, así como la seguridad privada para custodiar las unidades de producción y transmisión vía satélite. Y no hay que olvidar dos aspectos de la mayor importancia, como es la regulación del tráfico aéreo con un helicóptero sobrevolando una ciudad con sus calles llenas de gente viendo el paso de la comitiva, y la asignación de frecuencias de transmisión de la señal pool que no pueden interferir en las que utilizan para su coordinación de los cuerpos de seguridad y sanidad.

Sin embargo, vemos en el esquema un dato que es importante y que nos retrotrae a párrafos anteriores.

Decíamos que los medios de comunicación al llegar al IBC precisan de dos de dos aspectos de la producción y cobertura imprescindible para su labor. Uno la señal pool, de la que ya hemos hablado. El segundo, la personalización del evento a través de sus crónicas o programas en directo.

Como vemos en el esquema anterior, Cuatro, propietaria de los derechos de emisión de la Eurocopa 2008 y generadora de la señal pool, decide que desde cada una de las ubicaciones transmitir una señal de personalización, distinta a la señal pool, y que puede consistir en un periodista a cámara, o un periodista e invitado, e incluso un ciudadano que aporta su opinión sobre lo que está pasando a su alrededor. En todo caso, la Unidad Móvil de Cuatro situada en Colón, recibe cada una de las personalizaciones de sus periodistas en cada ubicación para sumarlas a la señal pool y de esta forma elaborar un programa particular y con un sello propio.

Exactamente lo mismo ocurre en el IBC con cada uno de los medios de comunicación acreditados. Todos ellos tienen la misma intención, y para conseguir su objetivo no solo necesitan la señal pool, sino también los medios de producción, ubicaciones e información necesarios.

Es posible, que algunos solo envíen crónicas escritas para sus periódicos impresos o digitales; otros quieran enviar una crónica de video para cada edición de sus informativos, y para ello quieran ubicarse con un fondo (background) representativo, como por ejemplo la sala de prensa de IBC o el exterior de un estadio; otros medios quieran conectar en directo con sus corresponsales, situados en el exterior de los estadios, o en el centro histórico de la ciudad; otros deseen hacer ambas cosas, crónicas grabadas y conexiones en directo; otros quieran montar un pequeño set para dos personas, con parrilla de iluminación pantallas de conexión; otros quieran hacer un programa especial desde un estudio con 4 cámaras y escenografía corpórea, en fin, cientos de posibilidades y combinaciones que el IBC ha de satisfacer.

A todo esto, en el mundo que vivimos, las conexiones a Internet han de ser rápidas y fiables. Todos aquellos profesionales que se encuentren en el IBC necesitarán de acceso rápido a la Red, para envíos vía FTP o para recepción de documentación, escaletas de programa, guiones, templates para grafismo, programa de retorno en baja resolución, conexiones Skype o Hangout, etcétera, etcétera.

Con toda seguridad cada uno de los medios necesitará una salida hacia su centro de producción por muy alejado que éste se encuentre del IBC. Conexiones vía satélite, fibras ópticas punto a punto y dedicadas, enlace de

microondas y otros medios de transmisión serán indispensables para hacer llegar la señal de personalización hasta su sede central.

El IBC, por tanto, se organiza en función de las necesidades de los clientes. Cuenta con un importante MCR que recibe la señal pool de la cada competición, en el caso deportivo, procedente de cada estadio o sede olímpica, y en otros casos anteriormente apuntados, la señal de la comitiva real recorriendo las calles y de la ceremonia religiosa en el interior de la catedral. Este MCR tiene por tanto la capacidad de recibir señales y de reenviarlas a sus peticionarios, bien sean los espacios asignados a cada televisión dentro del recinto del IBC, como a sus respectivos MCR en los respectivos Centros de Producción. Esas señales que entran y salen del MCR pueden ser de múltiples características y , entre ellas, las personalizaciones realizadas desde puntos exteriores al IBC como de las respectivas cabinas y estudios en el IBC. Es esencial una coordinación puntual y extrema entre proveedores del servicio y clientes, sin la cual sería imposible atender las necesidades de cada uno en el momento oportuno. El departamento de booking es un factor clave en el correcto funcionamiento del IBC.

3. 17Th Asian Games Incheon 2014

En los juegos asiáticos 2014, se construyó el correspondiente IBC en la ciudad de Corea del Sur, Incheon.

La organización dispone de uN complejo de apartamentos Village Media destinados al personal acreditado. Los medios pueden, si lo desean alquilar apartamentos de distintos tamaños para su personal desplazado.

Veamos la propuesta de la organización, en la que se ofrece información adicional sobre precios y distancia a los principales lugares de trabajo, como el IBC y el estadio olímpico.



Fig 316 Villa Olimpica Incheon

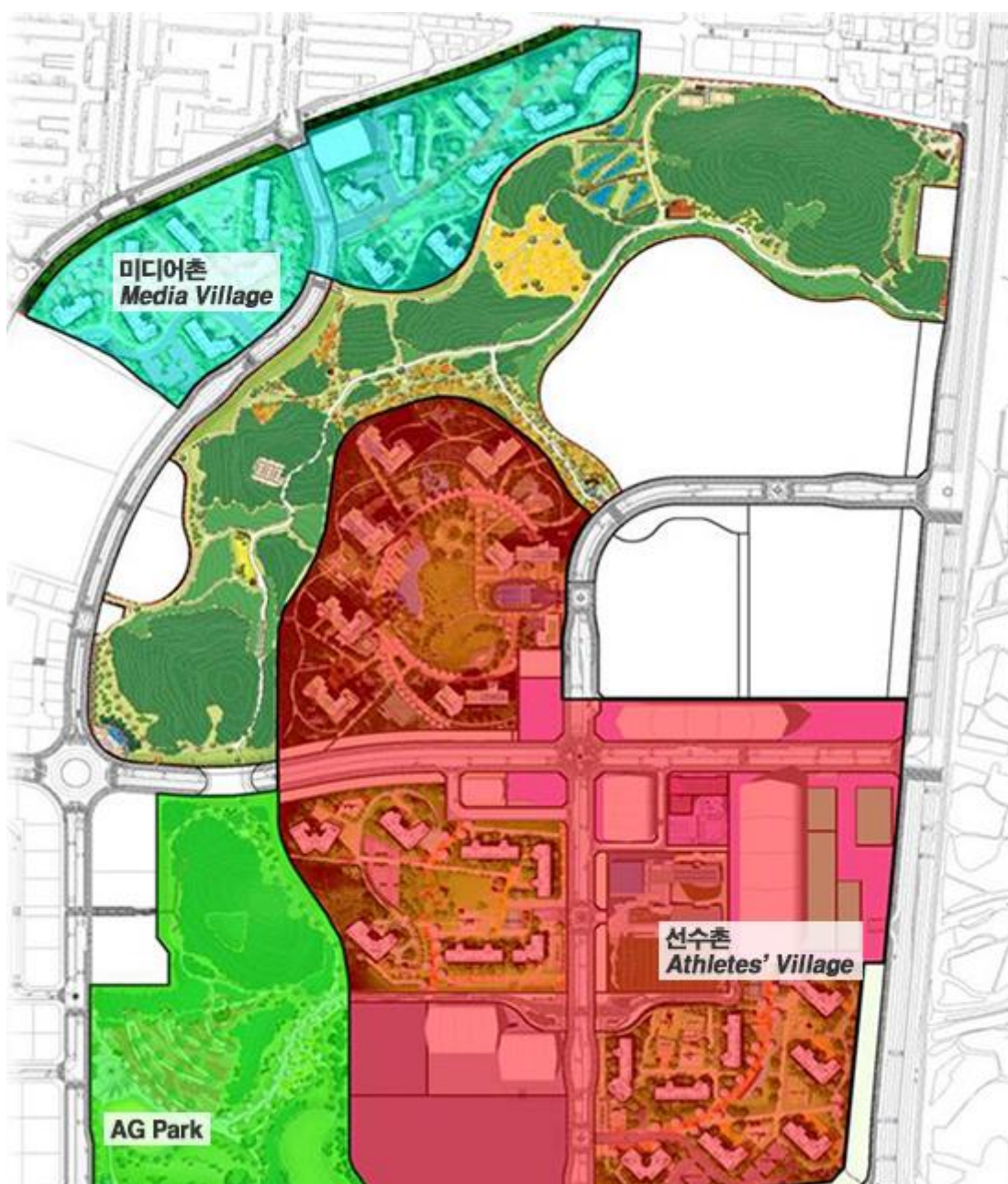


Fig 317 Villa Olímpica

59A

85.7757 m²

Unique Modern

| | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Net Area | 59.5700m ² | Common Area | 5.1086m ² |
| Exclusive Dwelling Area | 26.2057m ² | Underground Parking Lot | 31.1848m ² |
| Gross Area | 85.7757m ² | Contracted Area | 122.1412m ² |



Fig 317 Sets de trabajo en el IBC





| | | | | |
|-----------------|---|---|--|---|
| Location | Guwol-dong, Namdong-gu, Incheon | | | |
| Operation Dates | September 9 to October 6, 2014 *Pre-open from September 5 for Media(Catering & convenient services are not available) | | | |
| Capacity | 2,900 rooms(2,000 for broadcasters, 900 for press) | | | |
| Room Type | 2-Room Flat(51 m ²): 2 Rooms, 1 Bathroom | | 3-Room Flat(59 m ²): 3 Rooms, 2 Bathrooms | |
| | A Type | B Type | A Type | B Type |
| |  |  |  |  |
| Basic Supplies | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Room: bed, bedside cabinet, hangers, table, chairs, fan, personal items(cup, face-wash pack, etc.) ▪ Living Room: CATV, refrigerator(mineral water), couch, telephone, wireless Internet, coffeepot, hair dryer, etc. ▪ Bathroom: toiletries, towel, toilet paper, garbage can, etc. | | | |
| Amenities | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dining Hall(500 seats, 6am to 11am), convenience store, snack bar, laundry room, medical room, workroom, etc. ▪ Parking: 1,090 vehicles(80 ground / 1,010 underground) - free of charge ▪ Information Desk: Open 24 Hours | | | |
| Room Service | <ul style="list-style-type: none"> ▪ House Keeping(Rooms to be cleaned every day and Big clean-Ups every three days) ▪ Laundry(towel change on a daily basis, linen service every three days) | | | |
| Rates | <ul style="list-style-type: none"> ▪ \$100(Own Bathroom), \$80(Shared Bathroom) | | | |

Fig 318 Alojamiento broadcasters y prensa en Incheon

El problema del alojamiento de los equipos desplazados es un tema que muchas veces tiene difícil solución. Aunque las ciudades elegidas como sedes deben de contar con una infraestructura hotelera capaz de absorber a cientos de miles de aficionados, la mayoría de las veces sus expectativas se quedan cortas y el overbooking se desborda. No es operativo que los equipos de trabajo se alojen en establecimientos alejados del IBC o de los estadios de competición, entre otros motivos porque las extensas jornadas de trabajo muchas veces, de más de 14 horas, hacen que el desplazamiento hasta el lugar de descanso se alargue por un par de horas más, algo que ocurre cuando a la mañana siguiente hay que regresar al IBC. Esto es insostenible en una cobertura que puede durar semanas. Los equipos no pueden rendir a satisfacción y el cansancio se ve reflejado en la calidad de su trabajo e incluso en la relación con sus compañeros. Lo que se supone que iba a ser una experiencia profesional única, se puede convertir en un tormento. Por tanto, desde el punto de vista del Director de Producción este no es un tema menor. En mi caso particular, en la cobertura de los actos de la Reunificación alemana que se produjeron en octubre de 1990 en Berlín, y a los que acudieron cientos de medios de comunicación, entre ellos Telemadrid,

cadena entonces de reciente creación (1989), y en los que participé como Productor Jefe del evento, el alojamiento más cercano que se nos proponía estaba a 250 kilómetros... en Polonia!! Obviamente esta solución ni la contemplé. Finalmente, tras muchas gestiones, pude alojar a nuestro equipo en casas particulares a un par de kilómetros de la puerta de Brandenburgo donde estaba ubicado en una especie de rudimentario IBC y donde se iba a celebrar el acto. Esta opción que al principio pareció extravagante, se convirtió en la más cómoda y sencilla, ya que las horas de descanso fueron las necesarias, las habitaciones estaban limpias y eran acogedoras. Además los dueños de esas viviendas nos ayudaron a entender mucho mejor el proceso que lo podría haber hecho una fría y aséptica agencia de noticias. A veces, un Productor tiene que buscar soluciones y tomar decisiones aunque al equipo le resulten poco formales.

En los casos en los cuales se prevé una asistencia masiva, es esencial dedicar los recursos necesarios con el suficiente tiempo de antelación para encontrar una solución a este delicado problema. El hecho de que la organización de los Asian Games oferte alojamiento ayuda sobre manera en este aspecto.

IBC de Asian Games pone a disposición de los medios los formularios precisos para acreditarse. Sin la correspondiente acreditación oficial no será posible acceder al IBC, ni a los estadios o zonas de competición. La acreditación suele llevar el nombre y apellidos del acreditado, su profesión y empresa para la que trabaja y en muchos casos una fotografía del sujeto en cuestión. Es preciso tener un especial cuidado con los plazos y normas de acreditación, ya que es posible que la organización no admita acreditaciones fuera de plazo.

3.1 El Centro de Prensa (Main Press Center)

Se trata del edificio central que acoge a la prensa. Operativo las 24 horas para que aquellos países que se encuentren en distintos husos horarios puedan trabajar con normalidad.

Se ubica en el complejo arquitectónico donde se encuentran otros centros destinados a los medios de comunicación, como el IBC. La cercanía con ellos es vital para que la información y las coberturas asociadas lleguen a tiempo a los respectivos canales de televisión radio o prensa.

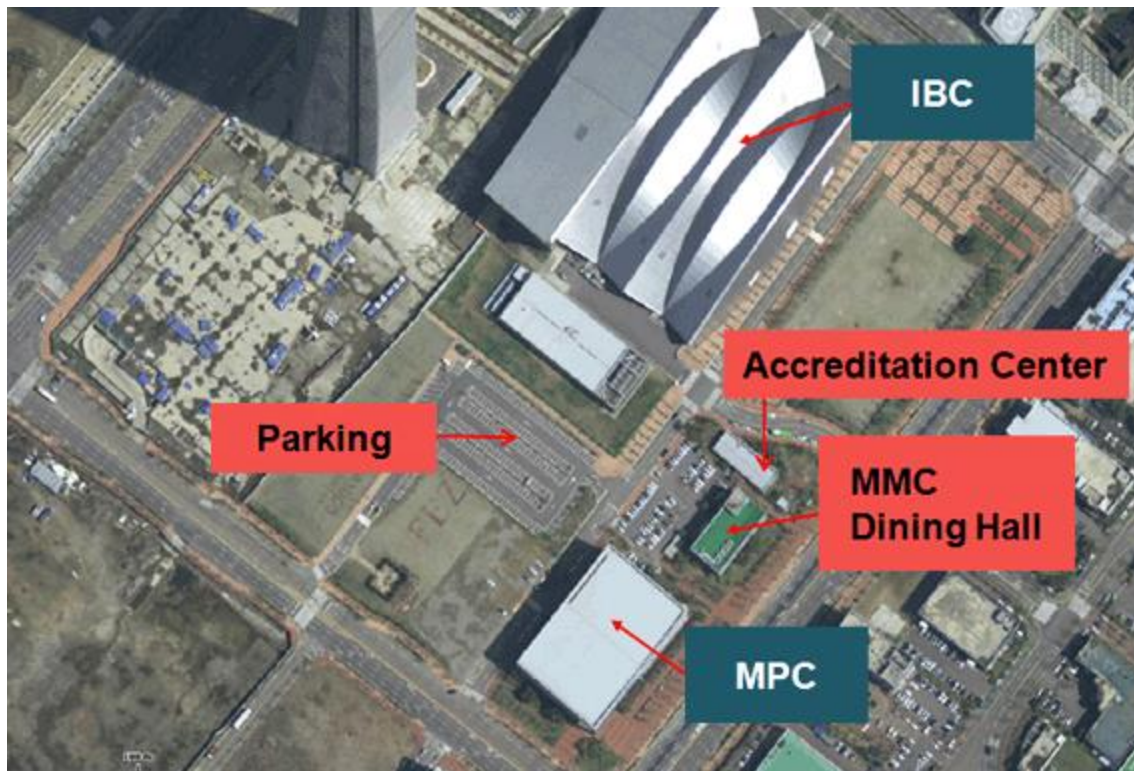


Fig 319 Ubicación del IBC

En la imagen vemos que junto al MPC (Media Press Center) se ubica otro edificio, MMC (Main Media Center) donde se encuentra el comedor y un tercer punto, Accreditation Center que como su nombre indica es el centro de acreditaciones de todos aquellos que se han de mover por el recinto de acotado de los juegos.

EL MPC cuenta con distintos espacios para facilitar el trabajo de los medios, entre ellos sala de trabajo para corresponsales y periodistas, puestos dotados con ordenadores, impresoras, acceso a las agencias de información, datos de la competiciones, resultados, y posibilidad de conexiones telefónicas para coordinación y retornos.

También existen espacios de trabajo para prensa gráfica, conexiones para envíos del material a las distintas centrales, salas de ruedas de prensa, y espacios habilitados para realización de entrevistas.

Un punto de suma importancia es la oficina de booking. Esta se ocupa de la reserva de medios de producción y tiempos de conexión para transmisión vía satélite o fibra óptica. Los medios acreditados deben hacer uso de este servicio, entre otras cosas para conocer si existe disponibilidad de servicio que responda a su petición. Una vez comprobada la disponibilidad el departamento de booking reserva en firme el medio solicitado y se produce el match order, expresión que viene a confirmar un servicio de producción contratado, Este match order suele tener una identificación que será muy útil en caso de incidencia. A partir de ese momento comienzan a correr los correspondientes costes de cancelación, que

son mucho más elevados si el servicio se cancela a última hora. Esos costes de cancelación dependen del tiempo que resta hasta el momento del servicio pedido. Cuanto más cercana sea la cancelación al instante marcado para proceder al servicio contratado más porcentaje de cancelación existirá, incluso llegando al 100% del coste del servicio. Esta medida, se basa en el perjuicio que el bloqueo de un servicio significa para otro cliente que ha de buscar alternativas que muchas veces no son satisfactorias y para la propia organización que puede perder dos servicios, el cancelado y el no contratado por un segundo cliente. En algunas ocasiones se permite el concepto de *pencil booking*, que como su nombre indica en una reserva no en firme (escrita a lápiz y que se puede borrar con facilidad) que muestra una intención de petición de servicio pero sin confirmación. El *pencil booking* tiene la particularidad de que en el caso de que otro peticionario quiere ocupar ese espacio de transmisión o demandar un determinado medio de producción, el departamento de booking ha de instar inmediatamente al cliente en *pencil booking* de la necesidad de confirmación de servicio so pena de ser ocupado por este segundo cliente peticionario. *Pencil booking* no tiene gastos de cancelación al no ser una petición en firme.

La interrelación entre el departamento de booking, el de producción y el de transmisión ha de ser de máxima coordinación. Booking toma nota, pero ha de estar en constante diálogo con los otros dos departamentos para estar informado en todo momento de las posibles incidencias de servicio que hagan imposible satisfacer las peticiones de sus clientes, e incluso, en el caso de que se sumen más medios de producción debido a una excesiva demanda cuando y en que lugar estarán operativos. En estos casos, booking ha de informar de la merma o ampliación de equipos y medios a los broadcasters presentes en el IBC.

Una buena y estudiada planificación de producción por parte de los departamentos técnicos y de producción, en coordinación con las áreas de contenidos que diseñan el programa permitirá establecer con bastante tiempo de antelación que medios de producción y que horas y tiempos de transmisión serán necesarios en el IBC para llevar adelante el proyecto. Se llama previsión y es un concepto de enorme utilidad para realizar coberturas de gran nivel y optimizar costes. No hay nada peor, que una cadena que decide en el último momento acudir a la cobertura de un evento cuyas fechas están marcadas en el calendario y que se conoce desde hace tiempo, cuando los horarios que solicita para transmitir sus programas ya están asignados en el booking, cuando no quedan espacios de trabajo en el IBC y cuando hasta está cerrada la acreditación. En el caso de que pueda conseguirlo los costes de producción se van a disparar en relación a lo que hubiese significado trabajar con previsión.

El IBC ofrece un servicio de mantenimiento de equipos, que permite solucionar problemas de última hora, fundamentalmente con las cámaras.

Veamos un esquema de las tres plantas del Main Press Center

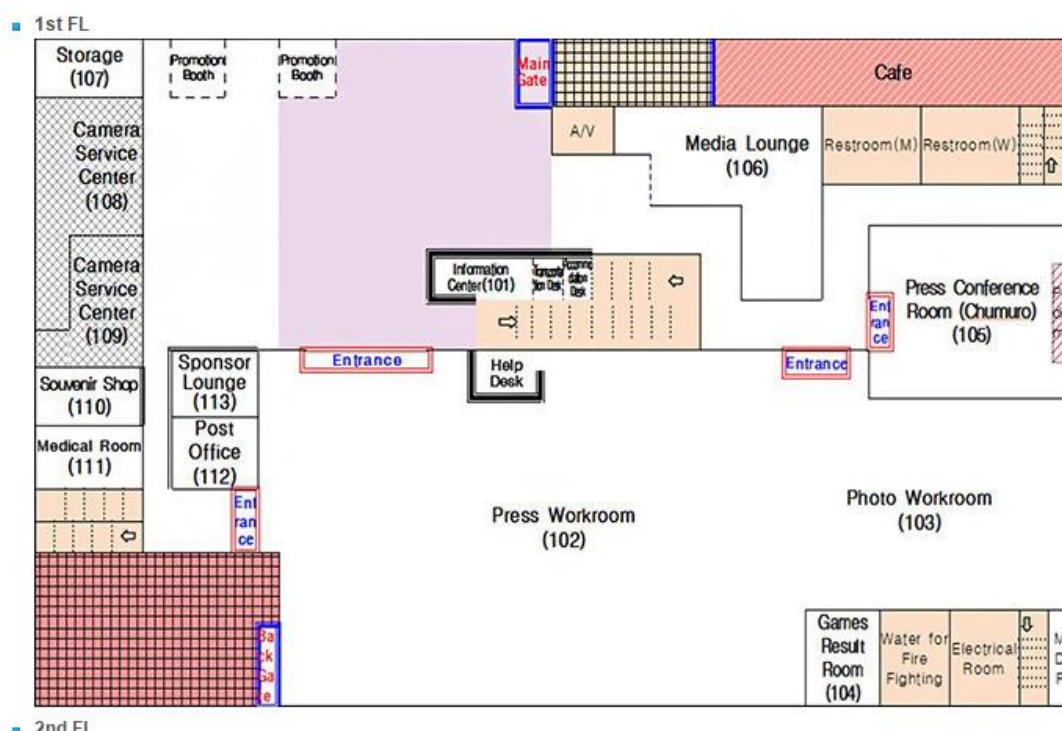


Fig 320 Centro de Prensa, distribución de espacios

En la primera planta destaca el Press Workroom y el Photo Workroom, espacios dedicados al trabajo de prensa y gráficos. En ellos se ubican los periodistas y fotógrafos para completar sus crónicas para sus respectivos medios. En la planta se ubica una sala de ruedas de prensa, el servicio de cámaras y la cafetería.

La segunda planta acoge a distintas compañías y broadcasters relacionados con la información. Como vemos en el esquema son varios los espacios destinados a cada uno de ellos. En la planta hay una segunda sala de ruedas de prensa y comparecencias en la que se contempla en la parte trasera de la misma una plataforma elevada para las cámaras, que con toda seguridad está cableada hasta el MCR para que la conference pueda ser emitida en directo por aquel medio que lo desee, o para que pueda ser grabada en los servidores de edición no lineal que tienen disponibles los espacios destinados a los broadcasters. En la misma sala, se encuentran los equipos de audio a los cuales se pueden conectar los equipos de cámara para recoger el audio de los micros que están sobre la mesa de conferencias. En la planta hay también una sala para realizar entrevistas, dos para reuniones de trabajo, la oficina de booking, un almacén, y unas salas de destinadas al descanso.

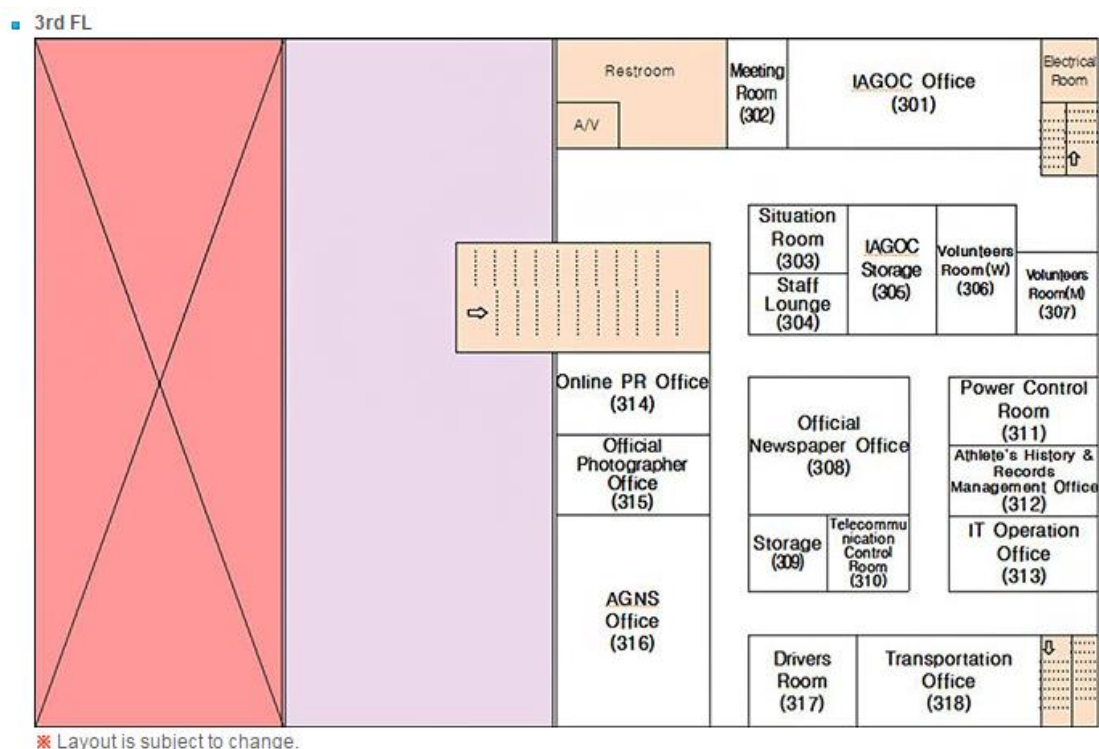


Fig 321 Distribucion de espacios en Centro de Prensa

En la tercera planta y última, se ubica el staff o Dirección del centro, las salas para los voluntarios que aportan su esfuerzo en el evento, un espacio destinado a los fotógrafos oficiales, la zona de prensa oficial o Newspaper, salas correspondientes a documentación, sala técnicas y espacio para los organizadores.

SubPress Center (SPC)

En cada uno de los estadios y/o pabellones destinados a las competencias incluido en ellos el estadio principal de los Juegos, el Incheon Asia Main Stadium, y que en total suman 50 localizaciones distintas, se sitúan zonas de prensa denominadas SubPress Center (SPC) cuyo fin es ofrecer a los medios las facilidades pertinentes para hacer su trabajo. De esta manera, los medios desplazados a un pabellón para cubrir determinada disciplina, no tienen por qué regresar al Centro de Prensa para completar la información.

Así cada uno de los pabellones cuenta ofrece una Zona de Prensa, una para fotógrafos y gráficos, una sala de conferencias o ruedas de prensa con traducción simultánea a inglés y coreano, zonas de servicio técnico y conexión a la red (LAN/Wi-fi), y la correspondiente espacio para comida y bebida.

Todos estos pabellones están conexiados con el IBC, de tal manera que no solo se recibe la señal pool generada en cada uno de ellos, sino que los medios que estén cubriendo la información pueden enviar su material o crónicas directamente al IBC como paso previo a la transmisión a sus respectivas cadenas.

En cada uno de ellos, en el espacio denominado Pres Tribune, se proporcionan a los medios todos los datos relativos a la competición, participantes, dorsales, programa de eventos previsto y horas, etc.

3.1 IBC como centro de operaciones broadcast

El IBC en los juegos asiáticos 2014 en Incheon fue un complejo que ocupó 10.660 metros cuadrados y que estuvo operativo las 24 horas durante el tiempo que duraron las competiciones, desde la apertura hasta la clausura de los juegos, cerca de 4 semanas.

Ofrece las siguientes operaciones técnicas a sus clientes (Broadcast facilities)

CDT: Contribución, Distribución y Transmisión de señales. Viene a significar que cada pabellón *contribuye* con una señal pool, con sonido ambiente y gráficos en inglés, que llega al Centro de Operaciones, denominado también Broadcaster Operations Center (BOC) del IBC ó Máster Control Room (MCR) donde se *distribuye* hasta cada una de las salas del complejo, así como a todos los puntos requeridos por los clientes en el Media Center Press. Simultáneamente, el MCR transmite la señal pool u otras relativas a la producción de cada broadcaster, bien vía satélite como a través de enlaces microonda o redes de fibra óptica.

CSC : Commentary Switching Center. Este servicio proporciona a los broadcasters la señal pool comentada en los idiomas que se requieran. Esta pista de audio no tiene porqué sumarse a la señal pool y es muy útil para seguir las incidencias que ocurren en el desarrollo de la competición.

Posiciones de comentarista (Off Tube) en el propio IBC, de tal manera que el periodista que comenta las imágenes no tenga que desplazarse hasta el estadio o pabellón. Esto es especialmente importante en competiciones en las cuales aunque el comentarista esté físicamente en el lugar donde se desarrolla la competición no es capaz de abarcar con sus ojos la totalidad de la misma. Ejemplos al respecto, son una carrera ciclista, la maratón o un campeonato de golf. La única manera de comentar estos deportes es mediante una posición en la que coloca un monitor en que se recibe la señal pool realizada, que es la que el comentarista va narrando.

Una posición de comentarista es mucho más compleja técnicamente y de ella nos ocuparemos más adelante.

Editing Room: Sala de edición no lineal y postproducción. Por descontado, en ellas se reciben las diferentes señales pool que son grabadas en disco externos junto con el material que el cliente broadcaster desee. También se puede acceder al contenido almacenado en servidores de video MAM de acceso compartido por todas las salas de edición y postproducción.

Posiciones de directo (Stand up): En algunas zonas reservadas se instalan posiciones para directo, también conocidas como stand up, donde los periodistas se colocan ante cámara, propia o de la organización, con el fin de entrar en directo en los programas que produce su cadena de televisión, que bien pueden ser desde el mismo IBC. Estas posiciones tienen la característica de contar con un fondo representativo (lo que no siempre se cuida o consigue incomprensiblemente) que sitúe al periodista en el lugar de la noticia. Por ejemplo, una posición podría ser adecuada situando detrás del periodista el edificio del IBC, o de fondo la gran sala de operaciones del MCR, o de la sala de Workpress situada en Media Pres Center, etc.

Estudios de televisión. Estos espacios son reservados únicamente para los RHBs es decir, los Right Holding Broadcaster's, aquellas cadenas de televisión que han adquirido en exclusiva los derechos de retransmisión de los juegos en sus respectivas zonas geográficas.

Los estudios de televisión a disposición de los RHBs pueden ser de distintas formas y capacidades. Los habrá con plató de menos de 150 metros cuadrados y dos o tres cámaras a lo sumo, y de más de 400 metros cuadrados, en función de las necesidades de los RHBs. Si la cadena va a conectar con un solo presentador, por ejemplo, que va a informar desde un pequeño set en el IBC de la actualidad y los resultados con un estudio de menos de 100 metros cuadrados tiene más que suficiente. Si el programa va a consistir en una especie de desconexión con dos o más presentadores, invitados, líneas externas, grafismo y escenografía será imprescindible un estudio con varias cámaras y de una dimensión aproximada de 400 metros cuadrados.

Servicios de hosting son parte de las *broadcasters facilities*. Como sabemos, hosting es un servicio de alojamiento para sitios web y otras aplicaciones que es necesario que estén disponibles en Internet sea cual sea el punto de acceso.

La siguiente imagen nos da una idea de la distribución de espacios en el IBC de los juegos Asiáticos celebrados en Incheon



Fig 322 IBC distribución de espacios

Un total de 86 espacios, ocupando un total de 9.576 metros cuadrados. Distribuidos de la siguiente manera

28 salas para la Internacional Asia Games Olympic Commitee IAGOC)

58 salas para RHBs

SubBroadcastCenter(SBC)

Se trata de espacios de trabajo para producción broadcast situados en los pabellones o en el estadio principal. Parte de la facilidades que se ofrecen en el IBC, se dan en los distintos *venues*, de tal manera que los equipos desplazados a las diferentes coberturas que se celebran en ellos no han de desplazarse hasta el IBC central para terminar su trabajo, Edición no lineal y posiciones de directo son los servicios ofertados más utilizados.

Equipos de cámara y gráficos acreditados e identificados

Todos ellos han de llevar su correspondiente distintivo para situarse en el terreno de juego o en la pista de competición.

Algunos son parte de la realización de la señal pool y así son identificados. Los demás, que forman parte de los medios o RHBs, se identifican con otro color y pueden estar situados fuera de la pista de competición. Estos chalecos y las pegatinas de cámara han de utilizarse obligatoriamente.



Fig 323 Chalecos acreditativos para personal operación de la señal pool

Gestión de los equipos de Radiofrecuencia utilizados Operaciones

Con el fin de que los equipos inalámbricos utilizados en la producción de la señal pool, y aquellos que los RHBs usan para sus coberturas no interfieran en la competición, la organización asigna un plan de frecuencias como el siguiente

- Plan for Radio Frequency Management and Operations
 - All the participating press have to apply for radio frequency for their equipment in advance and get a approval sticker
 - Certain equipment is banned for use for frequency interference at competition venues. Regarding this, we look forward to your cooperation

| Equipment | Frequency Range | Availability |
|-----------------------|---------------------------------|---|
| Pocket Wizard | 344MHz, 346.5-354MHz, 433.62MHz | Allowed (Where to apply : MPC Communication Electronic Support Room) |
| Camera Remote control | 2GHz band & 5GHz band | Not Allowed |
| Wi-Fi AP & ROUTER | 2GHz band & 5GHz band | Not Allowed |

Fig 324. Plan de frecuencias para equipos de producción de la señal pool

Para los Pocket Wizards, los walkie-talkie que se usan para coordinación de equipos se permite un uso del equipo en las bandas señaladas, todas ellas en MHz.

Para las cámaras operadas con control remoto, como por ejemplo, spider camera o travelling robotizado inalámbrico no se permite su uso en las bandas entre 2 y 5 GHz, bandas por otro lado usadas en transmisión broadcast.

Las conexiones WI-Fi y Router no pueden operar tampoco en la banda entre 2 y 5 GHz.

Esto se debe a que equipos trabajando en la generación de la señal pool y otros equipos inalámbricos de la organización están usando estas bandas de frecuencia.

Es importante señalar que solo se permite el uso de equipos trabajando en MHz, porque esta banda no se usa para transmisión de señales broadcast que suelen trabajar en frecuencias de GHz, como veremos.

3.3 Servicio de noticias

La organización ofrece un servicio de noticias en tiempo real sobre todos los aspectos, resultados y actualidad de los juegos, en inglés y coreano.

Contiene

Noticias flash con la última hora de la competición

Titulares de las conferencias y ruedas de prensa de autoridades y atletas.

Previos y post de los encuentros, con información de alineaciones y última hora de los equipos.

Perfiles de los atletas más destacados

Medallistas

Noticias sobre la organización de los juegos y planes futuros. Seguimiento de espectadores y datos de seguimiento

Resultados en tiempo real, récords, información sobre los participantes, etcétera.

Comunicación sobre actividades de los medios presentes en los juegos.

El acceso al servicio de noticias se realiza on line a través de una página web diseñada al efecto. También es posible recoger la información en papel en los casilleros habilitados en la zona de prensa, o consultarla en los terminales informáticos distribuidos por los distintos recintos.

3.4 Generación de la señal pool

La realización, contribución y distribución de la señal pool se lleva a cabo por varios broadcasters denominados Host Broadcasting. Son los encargados de aportar todos los equipos técnicos y humanos necesarios para la producción de la señal en las mejores condiciones y con la máxima calidad. Unidades móviles de producción multicámara en HD, Unidades de sonido, de grafismo, ópticas con grandes relaciones de zoom, travellings, steady cam, grúas, etcétera. Los equipos humanos son parte también de Host Broadcasting y deben ser profesionales reconocidos de la máxima calidad. Realizadores con sus equipos de realización, Productores con sus equipos, operadores de cámara, mezcladores de video, iluminadores, operadores de sonido, editores de video, post productores, grafistas etcétera.

En este caso, los Host Broadcasting son KBS, Korean Broadcasting System, empresa de radiodifusión pública de Corea del Sur y MBC (Munhwa Broadcasting Corporation) empresa líder de radiodifusión coreana.

La imposibilidad material de producir tal cantidad de eventos, como la especialización en determinados deportes de algunos broadcasters hace inevitable la participación de otros Host en la generación de la señal pool de algunas disciplinas.

A continuación podemos ver el plan de producción de la señal pool de los juegos y el reparto entre ambos Host Broadcasting

| PRODUCTION FEEDS per venue / discipline | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ver. Apr. 28, 2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|----------|--------------------|-------|--------|-----|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Production Team | NO. | Feed No. | Sport / Discipline | Venue | Events | | Production Schedule (TBD) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Medal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | LIVE | ENG | MON | TUE | WED | THU | FRI | SAT | SUN | MON | TUE | WED | THU | FRI | SAT | SUN | MON | TUE | WED | THU | FRI | SAT | SUN | MON | TUE | WED | THU | FRI | SAT | SUN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

pro

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|---|-----|---------|-------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
| Domestic (12) | SBS Sports | 1 | F04 | Archery | Gyeongang Asiad Archery Field | L | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | </ |
|---------------|------------|---|-----|---------|-------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|

Fig 326. Plan de producción de señal pool distribuido por Host

Broadcaster domésticos y overseas se ocupan de ciertas disciplinas, como una de las más seguidas en el continente asiático como es la gimnasia que produce la cadena china CCTV, que tras los dos Host Broadcasters principales es el tercer Host con más participación, con un total de 7 competiciones.

En total 11 empresas de televisión han de sumar sus medios para cumplir con la cobertura de los juegos. Algunas con una sola disciplina, otras con dos o tres. En líneas generales, estas cadenas están especializadas en los deportes que les corresponden.

Vemos también como algunos deportes se cubren con ENG. En total 12 equipos ENG darán cobertura a una serie de deportes como ciclismo, que no es muy popular en Asia, cuya cobertura con medios broadcast es muy compleja y costosa. Algo parecido, ocurre con el triathlon que es preferible cubrir con ENG que dedicar recursos de gran envergadura. Cuatro empresas más se suman al despliegue

Veamos otros eventos de interés mundial en los cuales el IBC es el centro neurálgico para las televisiones de todo el mundo.

Estudiemos como fue la infraestructura técnica y de servicios que la FIFA puso a disposición de medios en el Campeonato del Mundo de Sudáfrica.

En aquel campeonato se disputaron 64 partidos, desde el partido de inauguración hasta la final que ganó España.

La competición se disputó en 9 estadios distribuidos en distintas zonas del país africano.

4. FIFA TV DIVISION: El organismo generador de señales pool

La división de televisión de FIFA la responsable de la comercialización de los contenidos y por consiguiente de los derechos de emisión, Media Rights, entre los que se incluyen los derechos de emisión en banda ancha y dispositivos móviles.

Por otro lado, tiene la responsabilidad de ofrecer servicios de producción broadcast y distribución de la señal pool de toda la competición. Esta parte técnica y de producción, lo desarrolla a través de un organismo denominado FIFA Broadcaster Servicing Team (FBST)

FIFA tiene una relación adicional y contractual con Host Broadcast Services (HBS) para la provisión de todas las necesidades técnicas y de producción que se generen en el Campeonato, cuyos destinatarios serán las cadenas de televisión y broadcasters, cadenas de radio, cadenas de cable y operadores de dispositivos móviles que hayan adquirido los derechos de emisión, y a los que se denomina Media Rights Licensees MLRs

El esquema ilustra la relación entre FIFA, los MRLs y los asociados de FIFA para la producción y distribución de contenidos.

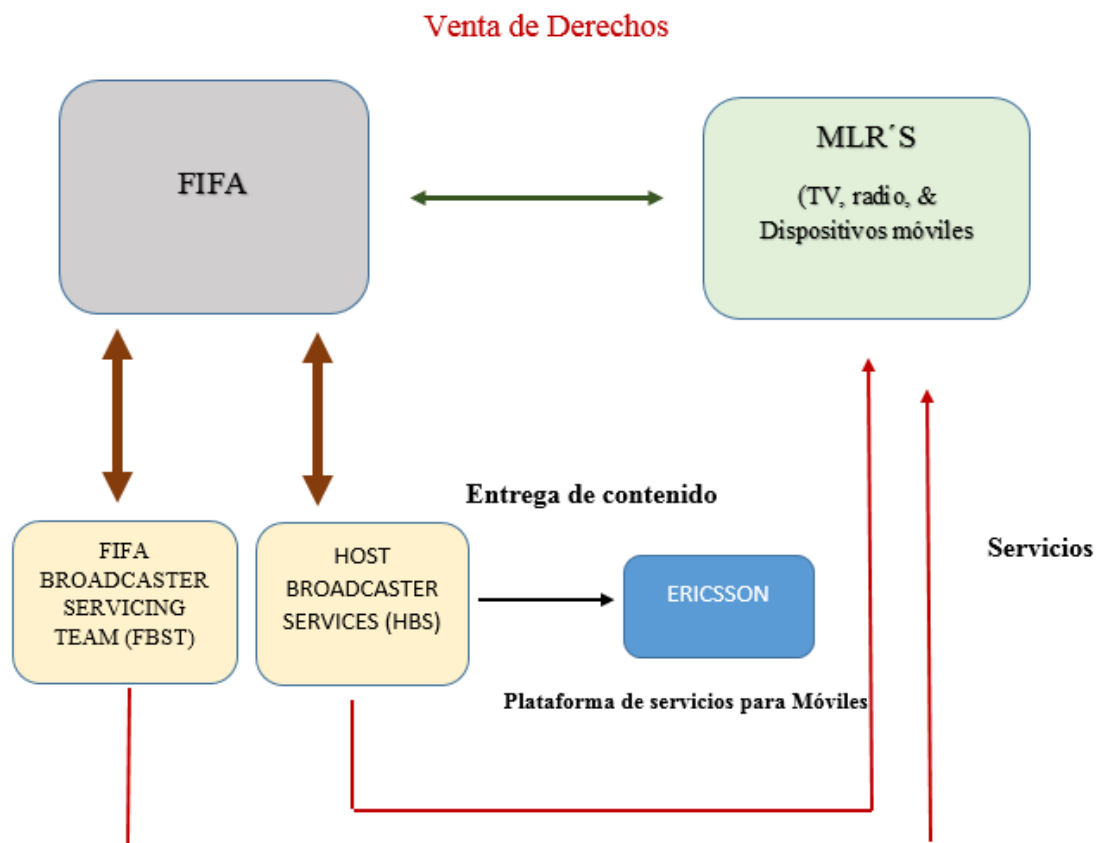


Fig. 327 Estructura de FIFA, gestión, producción y distribución de señales pool

Los objetivos de FIFA TV son:

- Llegar a la mayor audiencia posible
- Revalorizar el precio de los derechos de emisión
- Explotación total de estos derechos en todo tipo de plataformas, tanto de televisión como banda ancha, radio y dispositivos móviles
- Promocionar junto con los medios (Media) el Campeonato y los sucesivos eventos de FIFA
- Mantener una estrecha relación con los compradores de los derechos (MLRs)
- Proveer de una producción audiovisual de alta calidad, creando una marca de alta gama para futuros eventos
- Tener el control sobre los eventos producidos por el Host Broadcasting Service (HBS) como por los servicios de producción broadcast
- Colaborar con los mejores proveedores de producción en el mundo para ofrecer eventos de gran calidad.
- Dejar un legado de conocimiento sobre los procesos de producción en la industria audiovisual de aquellos países que acogen los campeonatos organizados por FIFA. Lo que se hace extensivo a la relación con las instituciones educativas y universidades.

4.1 HOST BROADCAST SERVICES (HBS)

HBS fue el host broadcasters para el campeonato del mundo celebrado en Sudáfrica en 2010, como lo fue anteriormente en el Mundial de Corea y Japón en 2006. Formando parte de DAGBS, Doha Asian Games Broadcast Services, fue host broadcaster en los 15th Asian Games Doha 2006. Posteriormente formó una joint venture con IGBS, International Games Broadcast Services.

HBS es una de las dos compañías en el mundo dedicadas a los servicios de host broadcasting. HBS es una compañía subsidiaria de Infront Sports & Media. Su sede está en la ciudad de Zug, en Suiza pero su centro de planificación se encuentra en París. Para el Mundial habilitó un centro en Johannesburg. Más de 2000 personas trabajaron para HBS en el Campeonato del Mundo.

Compañía como IGBS y HBS son parte fundamental en el desarrollo de eventos deportivos de gran envergadura, ya que sin su aportación y medios sería muy difícil organizar competiciones multinacionales en cuanto a generación de señal y ofrecer servicios de producción a los broadcasters.

FIFA Broadcaster Servicing Team (FBST)

Este organismo es el principal contacto de los MLRs para las gestiones y peticiones de servicio que tienen que ver con la actividad diaria de la competición. Entre ellas las obligaciones y limitaciones de las marcas que son sponsors de la competición, acreditaciones, distribución de material de FIFA, uso de su la FIFA TV Extranet y de la gestión del archivo documental y audiovisual de FIFA. FBST asegura a los MLRs la conformidad y correcta interpretación de los acuerdos contractuales con FIFA, además de invitarles a contactar con FIFA TV para la planificación de los servicios que requerirán cada uno de ellos durante la totalidad del evento.

Los profesionales que componen FBST poseen un amplio conocimiento del mundo broadcast y de las necesidades de los medios de comunicación en competiciones de este estilo.

División de responsabilidades entre HBS y FBST

El siguiente esquema nos ayudará a comprender cuáles son las responsabilidades de cada uno durante el desarrollo de la competición

RESPONSABILIDAD DE FBST

Contacto diario con los MLRs´

Apoyo a los clientes

Visión general del contrato

Aprobación de sponsor y marcas usadas

durante la competición

Acreditaciones

Regulación de la venta de tickets

Flujo de información sobre la competición

Mantenimiento de la Extranet FIFA TV y gestión del archivo documental

Servicios a los MLRs´ y representación

Limitación, obligaciones y derechos de las marcas que esponsorizan a los Broadcasters

RESPONSABILIDAD DE HBS

Información sobre servicios broadcast

Preparación de la rate card con los servicios y tarifas a aplicar

Establecer una Oficina de Información sobre servicios Broadcast (BIO) en el IBC y estadios (Venues)

Distribución de cuestionarios sobre el servicio, y respuesta a dudas y preguntas junto con HBS Operations en los estadios y HBS Engineering

Distribución de credenciales suplementarias, chalecos de prensa, pegatinas identificativas para cámaras etc.

Arbitraje respecto a los servicios reservados en el caso de que la demanda supere a la oferta

Así como cualquier cuestión relacionada con las cuestiones

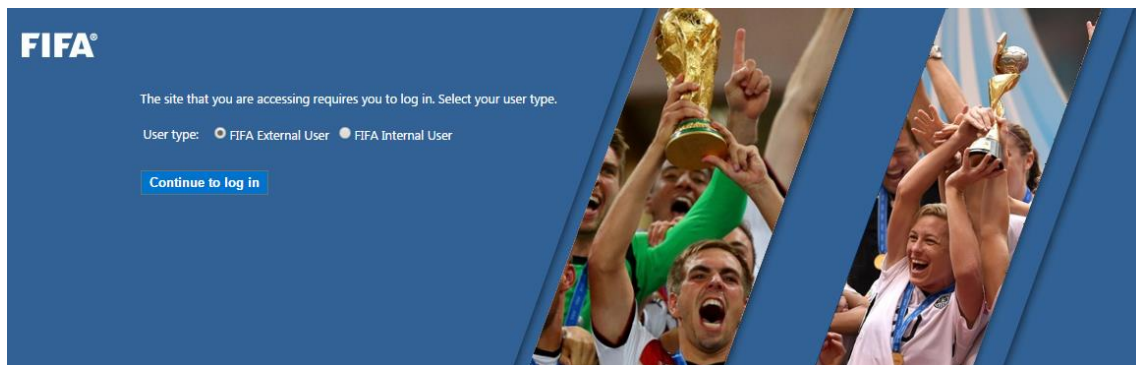
contractuales que son responsabilidad de FIFA TV.

4.2 PLATAFORMAS DE INFORMACIÓN

Varias plataformas proporcionan a los MLRs´ importante información sobre el Campeonato del Mundo

FIFA TV Extranet

Se trata de una plataforma web con acceso restringido diseñada especialmente para las necesidades e intereses de los MRLs´, especialmente para la planificación de su producción, programación y booking de servicios. No se circunscribía únicamente al Mundial de Fútbol sino a otros eventos de organizado por FIFA. Los MRLs´ pueden bajarse toda la información necesaria sobre el evento, incluyendo el calendario de partidos, datos y formularios para realizar el booking de servicios de producción.



Esta plataforma ofrece un link a la página de FIFA.com, FIFA media Channel, FIFA On-Air Graphics y FIFADData.com

FIFA. COM

Es la principal website de FIFA, accesible por Internet, de libre acceso,. La web ofrece una información precisa sobre la organización, su estructura, competiciones, noticias relacionadas con el mundo del fútbol y reportajes.



FIFAData.com

Es un plataforma de acceso restringido que ofrece resultados e información en tiempo real de la competición. Comunicados en directo, resultados, alienaciones de los equipos con datos sobre los jugadores, estadísticas y clasificación.

La imagen nos muestra un ejemplo de los jugadores de la selección de Argelia , con su posición en el campo, el nombre que el jugador ha elegido para la competición, sus verdadero nombre y dos apellidos, fecha de nacimiento, club del que procede y altura.

FIFA World Cup South Africa 2010

List of Players

Algeria

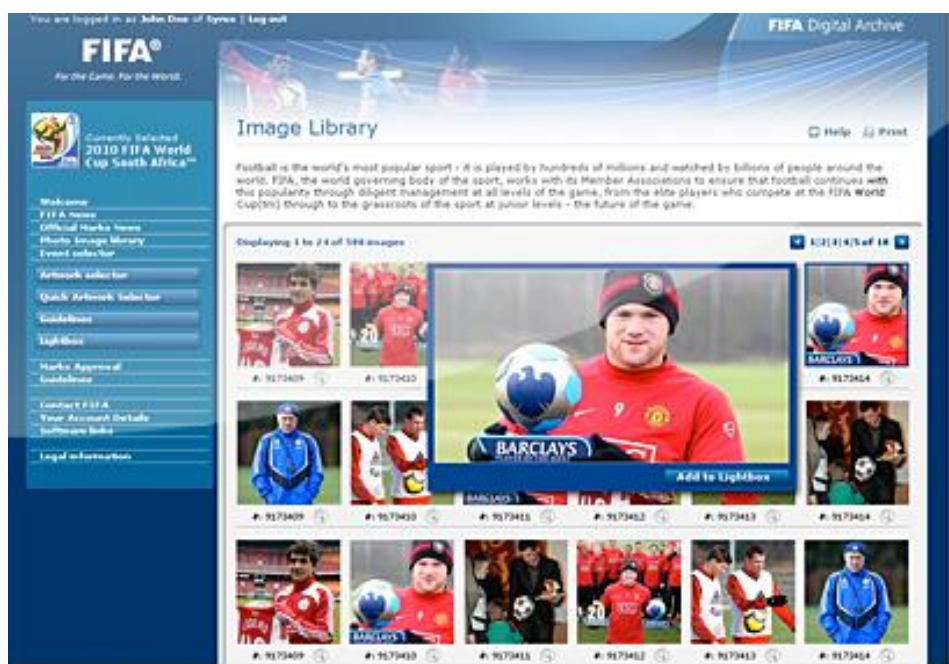


| # | Position | FIFA Display Name | Last Name | First Name | Shirt Name | Date of Birth | Club | H |
|----------------------|------------|--------------------|-----------|------------------------|------------|---------------|--------------------------------|-----|
| 1 | Goalkeeper | Lounes GAOUAOUI | GAOUAOUI | Lounes | GAOUAOUI | 28 Sep 1977 | Chlef (ALG) | 188 |
| 2 | Defender | Madjid BOUGHERRA | BOUGHERRA | Madjid | BOUGHERRA | 07 Oct 1982 | Rangers (SCO) | 190 |
| 3 | Defender | Nadir BELHADJ | BELHADJ | Nadir | BELHADJ | 18 Jun 1982 | Portsmouth (ENG) | 180 |
| 4 | Defender | Anther YAHIA | YAHIA | Anther | YAHIA | 21 Mar 1982 | Bodrum (GER) | 185 |
| 5 | Defender | Rafik HALLICHE | HALLICHE | Rafik | HALLICHE | 02 Sep 1986 | Nacional Madeira (POR) | 187 |
| 6 | Midfielder | Yazid MANSOURI | MANSOURI | Yazid | MANSOURI | 25 Feb 1978 | Lorient (FRA) | 175 |
| 7 | Midfielder | Ryad BOUDEBOUZ | BOUDEBOUZ | Ryad | BOUDEBOUZ | 19 Feb 1990 | Sochaux (FRA) | 178 |
| 8 | Midfielder | Medhi LACEN | LACEN | Medhi Gregory Giuseppe | LACEN | 15 Mar 1984 | Racing Santander (ESP) | 178 |
| 9 | Forward | Abdelkader GHEZZAL | GHEZZAL | Abdelkader Mohamed | GHEZZAL | 05 Dec 1984 | Siena (ITA) | 186 |
| 10 | Forward | Rafik SAIFI | SAIFI | Rafik | SAIFI | 07 Feb 1975 | Istres (FRA) | 178 |
| 11 | Forward | Rafik DJEBBOUR | DJEBBOUR | Rafik Zoheir | DJEBBOUR | 08 Mar 1984 | AEK Athens (GRE) | 185 |
| 12 | Defender | Habib BELLAID | BELLAID | Habib Mohamed | BELLAID | 28 Mar 1986 | Boulogne (FRA) | 189 |
| 13 | Midfielder | Karim MATMOUR | MATMOUR | Karim | MATMOUR | 25 Jun 1985 | Borussia Mönchengladbach (GER) | 181 |
| 14 | Defender | Abdelkader LAIFAOU | LAIFAOU | Abdelkader | LAIFAOU | 29 Jul 1981 | Self (ALG) | 177 |
| 15 | Midfielder | Karim ZIANI | ZIANI | Karim Kocella Yanis | ZIANI | 17 Aug 1982 | Wolfsburg (GER) | 168 |
| 16 | Goalkeeper | Faouzi CHAOUCHI | CHAOUCHI | Faouzi | CHAOUCHI | 05 Dec 1984 | Self (ALG) | 180 |
| 17 | Midfielder | Adlane GUEDIOURA | GUEDIOURA | Adlane | GUEDIOURA | 12 Nov 1985 | Wolverhampton (ENG) | 183 |
| 18 | Defender | Carl MEDJANI | MEDJANI | Carl | MEDJANI | 15 May 1985 | Ajaccio (FRA) | 184 |
| 19 | Midfielder | Hassan YEBDA | YEBDA | Hassan | YEBDA | 14 May 1984 | Portsmouth (ENG) | 188 |
| 20 | Defender | Djamel MESBAH | MESBAH | Djamel Eddine | MESBAH | 09 Oct 1984 | Lecco (ITA) | 180 |
| 21 | Midfielder | Foued KADIR | KADIR | Foued | KADIR | 05 Dec 1983 | Valenciennes (FRA) | 180 |
| 22 | Midfielder | Djamel ABDOUN | ABDOUN | Djamel | ABDOUN | 14 Feb 1986 | Nantes (FRA) | 180 |
| 23 | Goalkeeper | Rais M BOLHI | MBOLHI | Adi Rais Cobos Adrien | MBOLHI | 25 Apr 1986 | Stavia Sofia (BUL) | 190 |
| Coach: Rabah SAADANE | | | | | | | | |

Desde la Extranet de FIFA TV se puede acceder a esta plataforma de documentación mediante un link

FIFA Digital Archive

Plataforma de acceso restringido, mediante log y password, es un repositorio de reproducción de materiales de archivo audiovisual, así como otros contenidos tales como el emblema oficial de la organización, la Mascota Oficial del Campeonato, el Logotipo Oficial, etc. para que los usuarios autorizados puedan descargarlos para posteriores inserciones en sus producciones multimedia. Se autoriza el acceso mediante una expresa autorización de FBST, sin que el password pueda ser compartido, de tal manera que se autoriza uno a uno, individualmente, por usuario.



FIFA Films

Es una plataforma de libre acceso gestionada por Infront Sports & Media AG, en el que se encuentran las películas realizadas sobre los Campeonatos del Mundo y otros eventos FIFA.

A medida que se desarrolla la competición, este servicio va incrementando su fondo documental para que los MLRs puedan acceder a las producciones recientes. Por ejemplo, la película sobre la Ceremonia de Inauguración, o el film que relata el desarrollo de las obras de construcción de los estadios y el IBC.



- ▶ HOME
- ▶ CATALOGUE
- ▶ PROGRAMMING
- ▶ ACQUISITIONS
- ▶ FACILITIES
- ▶ REQUEST FOOTAGE
- ▶ FAQ'S
- ▶ CONTACT US

Home

The FIFA FILMS team based in Zug, Switzerland is FIFA's partner responsible for the management, maintenance and commercialisation of the FIFA FILMS archive.

The FIFA FILMS archive encompasses the most extensive footage available from the FIFA World Cup™ as well as other FIFA events from both men and women's football, including the FIFA Confederations Cup, FIFA Women's World Cup™, FIFA Futsal World Cup, FIFA Beach Soccer World Cup and FIFA U-17/U-20 World Cups.

All of this footage is carefully catalogued and logged on a purpose-built database ensuring the knowledgeable research team has quick and easy access for client's requests. In addition to this FIFA FILMS also operates a broadcast standard facility area, catering for client's dubbing, compiling and production needs and a Avid editing suite which generates promotional spots and archive programming.

«I am happy that we have reunited our rich video heritage within FIFA FILMS as the past serves the future. FIFA will continue to upgrade its archive in the future in line with technical developments to enable the entire football family to access and relive historic moments from our football history.»

FIFA President Joseph S. Blatter

FIFA continue to upgrade the service and technology level of FIFA FILMS to keep up with a ever changing industry. FIFA FILMS is helped in this process and serviced by Infront Sports & Media, a long-standing partner of FIFA since 2002.

FIFA Media Channel

Como vemos en la imagen, FIFA Media Channel es una plataforma on line que ofrece material de apoyo para los medios de comunicación.

Conferencias de prensa, calendario de eventos y competiciones, etc.

Acceso restringido.



FIFA Graphics

La plataforma ofrece a los MLRs´ la posibilidad de descargarse una amplia gama de gráficos para el uso de los mismos en los respectivos canales de televisión.



FIFA Premiuns

Plataforma de acceso restringido para la gestión del merchandising de los productos de FIFA y de la adecuación de los mismos a los MRLs para su aplicación en sus respectivas cadenas u organizaciones.

El ejemplo nos muestra a la mascota del Mundial y su personalización para la Federación Chilena de Fútbol



4.3 PLAN DE PRODUCCION

El plan de producción que FIFA puso en marcha en el Mundial de Sudáfrica se basó en similares despliegues que la organización llevó a cabo en eventos similares, como el anterior Mundial de 2006, si bien hubo nuevos desarrollos y aplicaciones.

Las más significativas fueron

- En el Mundial de 2006 se utilizó un plan de realización standard para la cobertura de la señal pool de los partidos que consistía en la utilización de 26 cámaras. En el Mundial de Sudáfrica se implementaron 29 cámaras, incluyendo por tanto 3 cámaras más, dos de ellas box cámaras, denominadas también cámaras multipropósito, robotizadas, y una cámara Ultra Motion.



- Además de estas tres cámaras, en partidos de especial importancia, como Inauguración, Semifinales y Final, se sumaron 3 cámaras más a las 29 anteriores. Estas fueron, una cámara en helicóptero (aerial coverage camera) una cámara en cable, Skycam cámara (cable camera system) y una segunda Ultra Motion camera



- La señal pool a la que se denomina Basic Internacional Feed (BIF) es la que la organización entregaba a los MRLs. Una extensión de esta señal, llamada Extended Stadium Feed (ESF), era una señal internacional que en los Campeonatos del Mundo de 2002 y 2006 entregaba separadamente. Sin embargo en el Mundial de Sudáfrica esta señal ESF puede considerarse la señal pool, sustituyendo a la básica anterior (BIF)

La señal ESF provee de cobertura desde los estadios 60 minutos antes del inicio del choque hasta aproximadamente 20 minutos después del final del partido, y siempre dependiendo de la actividad que haya en el estadio. La señal ESF ofrece el ambiente en el estadio antes del inicio del encuentro, cobertura íntegra del partido y resumen con los mejores momentos del primer tiempo, que se entrega en el descanso, y resumen completo al final del partido. En 2006, esta señal comenzaba 30 minutos antes del inicio, aunque a petición de los MRLs' podía comenzar algo antes, incluyendo los ejercicios de calentamiento de los jugadores, que eran identificados con su correspondiente grafismo al principio de los ejercicios. El resto del calentamiento es en directo pero sin gráficos.

Los primeros momentos de la señal ESF, ofrece un mapa localizador de la ciudad y datos e imágenes representativas de la misma, la composición del grupo y la clasificación, alineaciones y llegada de los equipos al estadio.

12 minutos antes de que comience el choque, la señal ofrece imágenes siguiendo el protocolo de actuación de FIFA, que incluye los equipos en el túnel de vestuarios, las banderas de ambos rivales, entrada de jugadores al terreno de juego, himnos, capitanes con los árbitros en el centro, lanzamiento de moneda para sorteo de campos, alineaciones definitivas con reservas, generadas con el grafismo oficial.

En el descanso y en el final del partido, la secuencia de protocolo de la señal pool añade highlights, con los momentos más destacados del encuentro.

- Se produjo un incremento de número de ENG's en relación a eventos anteriores, lo que redundaba en mejor material para noticias y reportajes que produzcan los MLRs'. Estas imágenes son captadas desde ángulos que las cámaras de la señal pool no recogen
- Ruedas de prensa de entrenadores y jugadores, el día anterior al choque.
- El servidor FIFA MAX Server puede trabajar en completamente en HD, por lo que los MLR's pudieron realizar sus producciones en este formato.
- Una aplicación para dispositivos móviles estaba disponible, Mobile Match, con un paquete de contenidos desarrollado por Mobile Network Operators (MNOs)

ESTÁNDAR DE PRODUCCIÓN APLICADA A LOS PARTIDOS Y RELACION DE ASPECTO

Los 64 partidos fueron cubiertos en Alta Definición (HD) 16:9, con posibilidad de 4:3

Las características técnicas de la señal HD fue 1080i/50 en 16:9, siendo este un estándar universal.

Todas las cámaras fueron HD incluyendo la Super Slow Motion (SSM) y las cámaras Ultra Motion

En cuanto a la relación de aspecto, la acción principal se enmarca para sistemas 4:3 de tal manera que aquellos países que continúen emitiendo en ese estándar puedan tener una experiencia satisfactoria. Los países que emitan en 16:9 se beneficiarán de una zona de mayor acción en el cuadro de televisión.

En los primeros planos de la acción, la relación de aspecto utilizada no será 4:3 sino 14:9, que ofrece la mejor relación para los espectadores de 16:9 sin un impacto significativo para los espectadores en sistemas de 4:3, ya que si la acción se enmarcase en 4:3 como se hace en los planos generales anteriores, los espectadores con sistemas 16:9 verían demasiado cuadro vacío de contenido.

Independientemente de la relación de aspecto, todos los gráficos han de ir circunscritos en el área de seguridad, tanto si se trabaja en HD como en SD.

4.4 FILOSOFIA DE PRODUCCIÓN APLICADA A LA SEÑAL POOL

El Plan de Producción establece directrices para la producción de la señal pool de los 64 partidos de la competición, sobre el uso del grafismo en pantalla y sobre la versión destinada a dispositivos móviles, Mobile Match.

En primer lugar, tiene en cuenta una serie de parámetros como los siguientes:

- a. El Campeonato del Mundo atare a una amplia y variada audiencia, mucho mayor que otros eventos de fútbol que son también televisados. Esta audiencia incluye espectadores que nos saben tanto como otros sobre los aspectos técnicos del juego, pero que están más interesados en la repercusión universal, alcance y ángulo humano que se dan cita en el Campeonato.
- b. Cada día más, este tipo de eventos va a ser seguido más que por la audiencia tradicional por una audiencia que se mueve en internet, en dispositivos móviles y tablets donde lo que prevalece son los highlights, las alertas en general (goles, resultado final) e incluso el partido en streaming. Esto, significa que el Plan de Producción ha de tener en cuenta estos aspectos de consumo de enorme importancia en la sociedad moderna.
- c. La cobertura y producción de partidos de fútbol varía extensamente a lo largo del mundo. Muchos países, por ejemplo, siguen utilizando una producción a 5 cámaras para la cobertura del partido, de tal manera que muchos estilos de producción coexisten en zonas próximas, siguiendo

- estilos particulares, variando entre regiones adyacentes e incluso dentro de ellas. No hay norma universal para la producción de partidos de fútbol.
- d. Son mayoría los MRL's broadcasters cuyas emisiones son en High Definition (HD) y en Standard Definition (SD) aunque aún quedan muchos que emiten en televisión analógica en 4.3. Esto es importante a la hora de aplicar un encuadre específico a la acción del juego, como vimos anteriormente.
 - e. El estilo de producción ha de permanecer, y parecer, en todo momento uniforme e imparcial, sin hacer distinciones entre el equipo más popular y conocido y el menos conocido.
 - f. Los retos a los que se enfrenta la industria broadcast y los MLRs' en particular acerca de sus respectivos planes de producción del evento, tanto en el país donde se disputa el campeonato como en sus países de origen, es decir en sus Centros de Producción, hace que el Plan de Producción del organizador cobre mucho más sentido y sea de alguna manera un soporte de gran magnitud para todos ellos.
 - g. La llegada de los nuevos dispositivos personales y móviles ha creado una enorme expectativa que ha de ser satisfecha con un Plan específico para toda esas nuevas ventanas de emisión
 - h. Estar a la altura en cuanto a la expectación generada con la implementación de las nuevas cámaras que se unen a la generación de la señal pool, como la Skycam, la cámara área y las cámaras Ultra Motion. La contribución de los puntos de vista que estas cámaras van a aportar a la acción que se desarrolla en el terreno de juego, y por tanto a la señal pool, es uno de los retos más interesantes de su inclusión en el Plan de Producción. De hecho en el Mundial algunas veces la cámara que recogía la acción del juego fue la cámara Máster, sino la cámara Skycam, algo absolutamente novedoso y poco formal. El Mundial de Brasil incidió, 4 años después en el uso de esta cámara
 - i. Varias premisas han de ser desarrolladas y respetadas en la producción de la señal pool.
 1. En primer lugar es importante mantener en general un estilo clásico al que la aportación de las nuevas tecnologías audiovisuales van a conferir una marca de especial calidad.
 2. Una producción simple, entendiendo el término como coherente y comprensiva para la audiencia, utilizando el número de cámaras designado en cada match para alcanzar tal propósito.
 3. La premisa principal es que el directo siempre está presente en la producción cuando el balón está en juego.
 4. Los realizadores han de mantenerse neutrales, ofreciendo en todo momento un punto de vista imparcial del encuentro. Esto no siempre ocurre, desgraciadamente, al menos en la producción de partidos de la Liga Española, más acentuado si cabe si el productor de la señal es una televisión autonómica que genera la señal de un partido que enfrenta al equipo de esa Comunidad Autónoma con otro de equipo de otra Comunidad.

5. Las repeticiones han de ser lanzadas solo para situaciones relevantes del juego, teniendo en cuenta que la pertinencia del lance tiene prioridad sobre el número de repeticiones. Han de ser escogidas, relevantes e impactantes.
6. Idem sobre la utilización de las nuevas cámaras, que han de ser usadas con discreción no forzando en ningún momento su entrada a programa. El hecho de su enorme impacto visual las convierte en más valiosas si son usadas con moderación
7. Una cámara adicional marcada con una M n el plan de realización es utilizada para la producción destinada a los dispositivos móviles, Mobile Match, y no en la señal pool.
8. Por último un aspecto logístico e importante, que ha de distinguir a lo equipos humanos responsables del despliegue técnico que trabajan para la producción de la señal pool y que han de ir convenientemente uniformados e identificados. La distinción sobre otros equipos técnicos hace más evidente su responsabilidad.

4.5 NUEVAS CAMARAS EN LA PRODUCCION DE LA SEÑAL POOL

Como se ha apuntado anteriormente se han sumado tres nuevas cámaras a las 26 cámaras que generaron la señal pool en el Mundial del 2006 celebrado en Alemania.

Estas son

A. Cámaras multipropósito (Box cameras)

Se trata de dos cámaras fijas, sin operador, remotedas, que se centran en los últimos cinco metros de cada área. Suelen utilizarse fundamentalmente en repeticiones y nunca en el juego en vivo.

B. Cámara Ultra Motion

Comenzó a usarse en el Mundial de 2006. Sin embargo, ahora, es parte de la señal pool producida en todos los encuentros que se disputen en el campeonato.

Se trata de una cámara dotada con ópticas largas, situada a nivel de campo de juego cerca del córner. Produce entre 300 y 1000 fotogramas por segundo en HD, con un *frame rate* entre 20 y 40 veces superior al que proporciona una cámara standard, produciendo espectaculares imágenes de acción y emoción. Al igual que las dos anteriores, se utiliza en repeticiones. El uso de las imágenes que genera permite a los MLRs hacer uso de ellas en los programas post-partido para análisis de situaciones y jugadas.

C. Mobile Match Camera

Aunque no forma parte de la señal pool para televisión, esta cámara destinada a dispositivos móviles, está presente y operativa en los 64 partidos del Campeonato.

Proporciona un encuadre y punto de vista semejante al que proporciona la cámara Máster, que como sabemos, es la que sigue el juego desde una posición elevada en el centro del campo. El encuadre que ofrece esta Mobile Match es el adecuado para pequeñas pantallas como la de los dispositivos móviles.

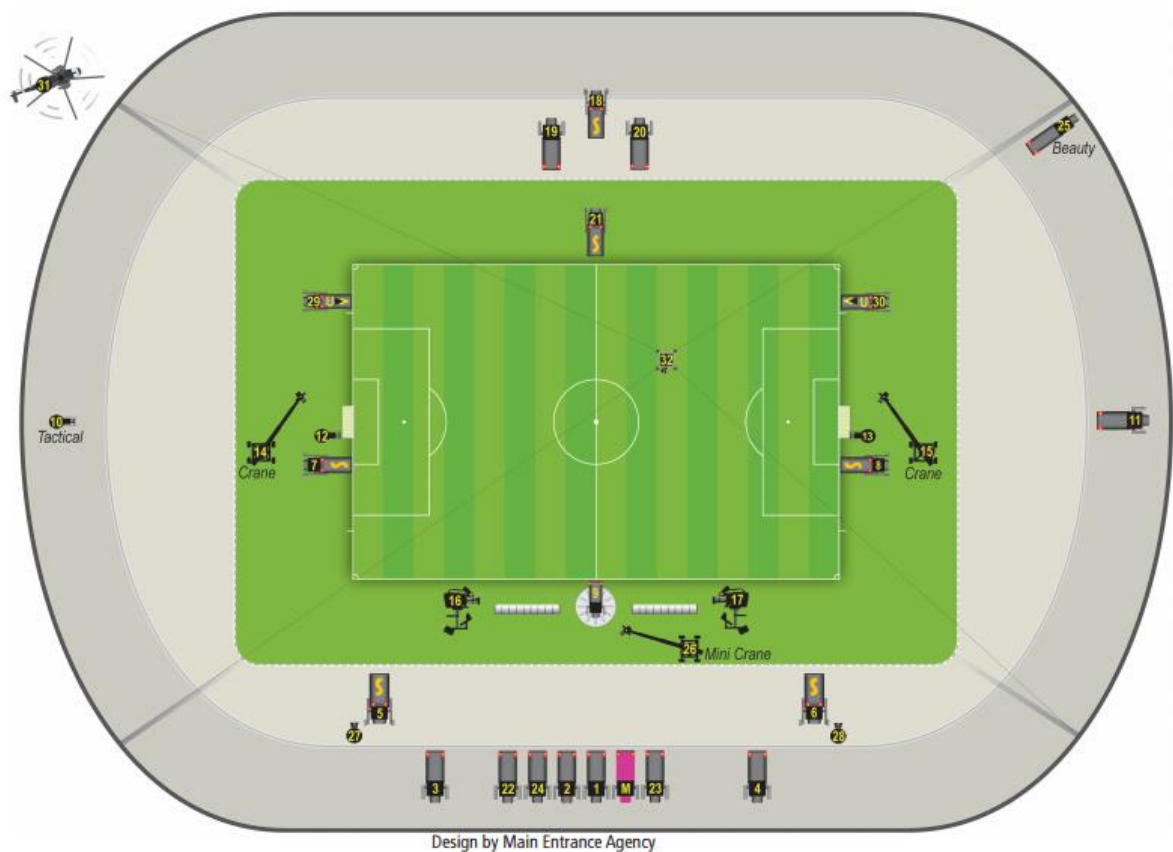
4.6 PLAN DE REALIZACION SEÑAL POOL.

A continuación se describen las 32 cámaras utilizadas en la producción de la señal pool.

| CÁMARA (nº) | DESCRIPCIÓN |
|----------------|--|
| 1 | Cámara Máster. Posicionada en el centro del campo sobre la línea que divide los dos campos. Posición elevada, sobre 1º o 2º anfiteatro. Sigue las evoluciones del juego |
| 2 | Primeros planos y primerísimos primeros planos de la acción. Situada junto a la cámara 1. |
| 3&4 | Cámaras para el fuera de juego. Situadas en la línea a 16 metros del centro, una en cada campo. Se usan también para acciones ofensivas, repeticiones de fueros de juego. Pueden ofrecer planos cortos de los jugadores protagonistas de la acción en el área, así como de los linieres. |
| 5&6 | Situadas a pie de campo, ofrecen un ángulo bajo de la acción. Son también cámaras SSM (Super Slow Motion) Se usan en repeticiones y en el juego en directo, Una en cada parte del campo a la altura del área |
| 7&8 | Cámaras SSM situadas cada una detrás de cada portería |

- 9 Situada a pie de campo en el centro del terreno de juego, en la línea que separa ambos campos. Proporciona primeros planos de los jugadores y árbitro.
- 10 Definida como cámara Táctica, se sitúa en un nivel muy alto en uno de los dos fondos, por el ejemplo el izquierdo, detrás de la portería. Ofrece planos sobre despliegues tácticos de los equipos sobre el terreno de juego
- 11 Igual que 10, pero en el fondo contrario.
- 12&13 Mini cámaras situadas cerca de cada portería. Proporciona imágenes de las acciones de gol u ocasiones muy claras. Se utilizan en repeticiones. Sin operador de cámara.
- 14 Cámara en Crane o cabeza caliente, situada detrás de la portería situada en el lado izquierdo. Se usa en juego en vivo y repeticiones.
- 15 Igual que cámara 14 pero en la portería derecha
- 16&17 Cámaras en steady cam, una a cada lado del campo a nivel de terreno de juego, Recogen la acción y, además, hacen seguimiento de los banquillos de cada equipo.
- 18 Cámara situada frente a la cámara Master en el lado contrario. Por eso se la denomina, cámara del ángulo contrario. Es una cámara SSM y se usa para ofrecer planos cortos de los entrenadores de cada equipo, personalidades en el palco, reservas calentado en la línea junto a los banquillos y repeticiones.
- 19 & 20 Cámaras situadas en el ángulo contrario, junto a la cámara 20. Se usan, cada una, para la actividad que ocurre en los respectivos banquillos de cada equipo.
- 21 Cámara de ángulo contrario, situada a pie de campo, en el centro, en la línea, es una cámara SSM que se usa para repeticiones y seguimiento banquillos.
- 22&23 Cámaras de seguimiento. Se las denomina PlayerCam A y PlayerCam B. Se sitúan a la altura de la cámara Máster, cada una de ellas a un lado, cubriendo una parte de cada campo. Siguen a un determinado jugador, uno de cada equipo habitualmente, durante todo el partido.

- 24 Es una cámara situada junto a la cámara Máster que ofrece primeros planos de los jugadores y árbitro. A veces se la denomina Máster corto.
- 25 Cámara conocida como Beauty. Ofrece un plano del estadio. Para ello utiliza un gran angular. Se usa para entrada y salida de la señal pool y, muchas veces, se sobre impresionan la alineaciones sobre la imagen que proporciona.
- 26 Cámara en mini crane o pequeña cabeza caliente. Se usa fundamentalmente en el programa previo al encuentro para entrevistas a protagonistas o analistas.
- 27 Cámara multipropósito o box camera, situada a nivel de la línea de gol en un banda, en este caso la izquierda.
- 28 Igual que la 27 pero en el lado derecho del campo
- 29 Cámara Ultra Motion/SSM situada en la esquina izquierda junto al córner, a nivel de terreno de juego.
- 30 Igual que cámara 29 en el córner derecho
- 31 Cámara área en helicóptero, Denominada wescam, con estabilizador de imagen. Operada desde el interior de la nave. Se usa solo en partidos importantes y en el programa previo al encuentro.
- 32 Cable camera o Skycamera. Situada sobre cables que cruzan el terreno de juego.
- 33 Cámara Mobile Match, situada junto a la cámara Master. Sigue el juego y ofrece un encuadre similar a la cámara Máster. No forma parte de la señal pool.



4.7 MULTI FEED PRODUCTION

Se trata de un servicio que combina diferentes paquetes de información sobre la actualidad del Campeonato.

Es un producto imprescindible para que los MLRs´ puedan construir su producción y generar unos contenidos propios complementados con información no exclusiva generada en este servicio. En cierta forma es una extensión de la señal pool, que va más allá de los momentos previos y post que se producen en un partido de fútbol.

El servicio Multi-feed incorpora ediciones de video complementarias a los contenidos tipo sobre el encuentro, además de sumar contenidos e imágenes procedentes del archivo de FIFA.

Así, los MLRs´ tienen acceso a los siguientes contenidos:

- BIF/Extended Stadium Feed (ESF) que vimos anteriormente y la señal pool realiza desde 30 minutos antes del choque y hasta 20 minutos después de la finalización del encuentro

- Un programa llave en mano, denominado EBIF (Extended Basic Internacional Feed) que posibilita su emisión directamente desde continuidad.
- Una serie de contenidos integrados en Multi-Feed, del tipo, Highlights constantemente actualizados, información de última hora sobre los equipos A&B que disputan el siguiente encuentro previsto en el calendario, ediciones de video sobre la táctica con la que suelen jugar los contendientes, entrevistas, seguimiento de jugadores en el último partido a través de las cámaras PlayerCam A&B y otro tipo de contenidos relacionados con el entorno del choque.
- Una serie de clips resumen sobre la actividad en el campeonato
- Contenidos destinados a Mobile Match.

Multi-Feed da la posibilidad a los MLRs' de contar con un producto flexible y de calidad que tiene las siguientes ventajas

- Los pequeños MLRs' pueden acceder a contenidos que de otra manera serían inaccesibles para ellos
- Los MLR's más grandes pueden centrar sus esfuerzos en producir reportajes de producción propia, y por tanto exclusivos, sobre la competición y su equipo nacional, ya que con el servicio Multi-Feed tienen un servicio de agencia de calidad que cubre todos los ángulos de la actualidad.
- Los MLRs' digitales pueden contar con varios feeds en directo para distribuirlos en distintos canales de televisión.
- El servicio Multi-Feed proporciona el suficiente material como para producir programas en directo más extensos en el Previo del encuentro.
- La cobertura en directo que se ofrece en el servicio permite mejorar la señal pool ESF (Extended Stadium Feed) previa al encuentro, adecuando los contenidos a la audiencia específica de cada MLRs'
- En cuanto al Post partido, los MLRs' tienen la posibilidad de producir programas con mayor contenido y calidad, ya que Multi-Fee provee de una amplia cobertura.

4.8 CLEAN STADIUM FEED (CSF)

Es una versión de la señal BIF/ESF pool pero limpia, sin ningún tipo de grafismo adicional.

El uso de esta señal limpia está sujeta a las directrices de la FIFA TV, teniendo que ser aprobada previamente, especificando por escrito que uso se le va a dar.

Habitualmente es una señal que se utiliza únicamente en postproducción, por ejemplo, para la producción de titulares o highlights.

| MULTI-FEED | | | | EQUIPO A CONTRA EQUIPO B | | | | | | SUDAFRICA 2010 | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-------------|--|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|------|------------------|----------|--------------------|---|-------------|------------|------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | -90 | -80 | -60 | -45 | -30 | -10 | 1ª parte | Descanso | 2ª parte | 5 | 10 | 30 | 45 | FORMATO | ENTREGA | | |
| BIF | ESF | | | DIRECTO SEÑAL POOL | | | | | | HIGHLIGHTS | | DIRECTO SEÑAL POOL | | | POST MATCH | | | HD&SD | Estadio/IBC | |
| CLEAN | | | | DIRECTO SEÑAL POOL | | | | | | HIGHLIGHTS | | DIRECTO SEÑAL POOL | | | POST MATCH | | | HD&SD | Estadio/IBC | |
| EBIF SHOW | | | | | | | | PREVIO | POOL | PGM DESCANSO | | POOL | | POST MATCH | | | | HD&SD | IBC | |
| FEED SUPLEMENTARIOS | | | | HIGHLIGHTS PERMANENTES Y ACTUALIZADOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FEED SUPLEMENTARIOS | | | | ENTREVISTA EQUIPO A | | | | FANS A | | BANQUILLO A | | ENTREVISTAS A | | BANQUILLO A | | ENTREVISTAS A Y FANS A | | | HD&SD | Estadio/IBC |
| FEED SUPLEMENTARIOS | | | | ENTREVISTA EQUIPO B | | | | FANS B | | BANQUILLO B | | ENTREVISTAS B | | BANQUILLO B | | ENTREVISTAS B Y FANS B | | | HD&SD | Estadio/IBC |
| FEED SUPLEMENTARIOS | | | | ENTREVISTAS PREVIO | | | | | | TACTICA | | ENTREVISTAS | | TACTICA | | RUEDAS DE PRENSA | | | HD&SD | Estadio/IBC |
| FEED SUPLEMENTARIOS | | | | | | | | | | PLAYERCAM A FEED | | | | | | | | HD&SD | Estadio/IBC | |
| FEED SUPLEMENTARIOS | | | | | | | | | | PLAYERCAM B FEED | | | | | | | | HD&SD | Estadio/IBC | |
| FEED AISLADOS | | HELICOPTERO | | | | | | CAMARA MASTER | | | | | | | | | HD&SD | IBC | | |
| FEED AISLADOS | | | | | | | | | | BEAUTY | | | | | | | | HD&SD | Estadio/IBC | |
| FEED AISLADOS | | | | | | | | CAMARAS 2,3,4,5 | | | | | | | | | HD&SD | Estadio | | |
| FEED AISLADOS | | | | | | | | CABLE CAMERA | | | | | | | | | HD&SD | Estadio | | |
| ADICIONAL FEED | | | | | | | | MOBILE MATCH FEED | | | | | | | | | HD&SD | IBC | | |
| ADICIONAL FEED | | | | | | | | CLIPS RESUMEN CHANNEL | | | | | | | | | HD&SD | Estadio/IBC | | |

- a. No existe diferencia entre la señal BIF/ESF, señal pool y la señal Clean Stadium Feed si no es porque la segunda no contiene gráfismo.
- b. Ambas comienzan 60 minutos antes del choque y terminan 20 minutos después de la finalización del encuentro.
- c. Ambas se entregan tanto en el Estadio como en el IBC. Esto permite a las unidades de personalización de los MLRs´ trabajar con ambas, ya que pueden contar con ambas señales para la correspondiente mezcla con la señal generada por cada MLRS. También es posible entregar dichas señales en las posiciones de comentarista, algo imprescindible para la narración del partido y de lo que se encarga la organización, si bien la señal que se usa en las posiciones es BIF/ESF, es decir con grafismo y data. Por otra parte, ambas señales se entregan también en el IBC, siendo Clean una señal destinadas a las salas de postproducción, y la señal BIF/ESF para su distribución vía satélite.
- d. La señal EBIF Show ofrece a los MLRs´ un programa listo para la emisión, estructurado en 5 bloques, con un Previo, en el que se incluye una cuenta atrás para el inicio del choque, la señal con gráficos de la primera parte, un programa para el Descanso, la segunda parte con grafismo, y un programa Post partido que llega hasta 30 minutos después del pitido final. Aquellos MLRs´ que por las razones que fuesen no desplazan

- corresponsales ni medios de producción al campeonato, pueden emitir esta señal EBIF show, que se entrega únicamente en el IBC para su distribución vía satélite a los medios interesados
- e. Desde 10 minutos antes del encuentro hasta 30 minutos después de la finalización se entrega una señal que contiene los Highlights actualizados permanentemente. Esto permite a los MLRs' preparar con ellos información editada lista para ser incluida en sus respectivos programas personalizados. La señal se entrega en el IBC, donde se ubican los espacios de producción de la mayoría de los MLRs' y donde se encuentran por tanto sus salas de edición y postproducción. Los MLRs' que no hayan acudido al campeonato reciben este feed gracias a la distribución vía satélite que el IBC proporciona.
 - f. El Multi Feed, ofrece, como vemos en el apartado de *Feed suplementarios*, toda la información relativa a cada uno de los dos equipos, que en el cuadro se denominan equipo A y equipo B. Entrevistas a jugadores, técnicos y dirigentes, así como la actualidad y seguimiento de los fans durante la jornada y su llegada al estadio. También incluye actividad en los banquillos y entrevistas a protagonistas del choque y reacciones al resultado por parte de los fans. Estos contenidos se reciben inmediatamente, y simultáneamente a los otros feed, tanto en el estadio como en el IBC[E1] para ser usados por los equipos de producción de los MLRs' en la realización de sus respectivos programas personalizados.
 - g. Otro de los contenidos que ofrece Multi Feed es el seguimiento durante el encuentro a un jugador de cada equipo, gracias a las cámaras PlayerCam A y PlayerCam B. Esto permite a los MLRs' mezclar esta señal en su programa, al recibirla independientemente de la señal pool realizada, en la que, circunstancialmente se incluye cualquiera de estas dos cámaras, cuando el jugador es protagonista de una jugada o lance del juego. Es decir, cada MLRs' tiene la posibilidad de subir al aire la cámara de seguimiento cuando lo considere oportuno, sin esperar que la realización de la señal BIF/ES la pinche. Como la señal de ambas cámaras se entregan en el estadio y en el IBC, los equipos de producción de los MLRs' pueden estar grabándolas para realizar ediciones de video destinadas a sus programas resumen o de análisis.
 - h. Los feed aislados, se refieren a cámaras que se entregan de forma independiente de la señal realizada. Así vemos, como la señal de la cámara del helicóptero se entrega de forma separada y hasta 10 minutos antes de que comience el choque. La cámara Master, que recoge el juego en todo momento sin repeticiones ni planos cortos, desde una posición elevada en el centro del campo, es otro de los feed aislados. En este caso, la señal de la Máster se entrega durante todo el encuentro hasta varios minutos después del choque. Es otra ventaja para la realización de los programas particulares de los MLRs' porque de esta manera nunca pierden el juego en plano general, ya que es posible que la señal pool BIF/ESF esté ofreciendo una repetición o esté en un plano corto cuando está ocurriendo algo importante en el campo, o al menos importante para un determinado MLRs' Esta cámara se entrega solo en el estadio para su

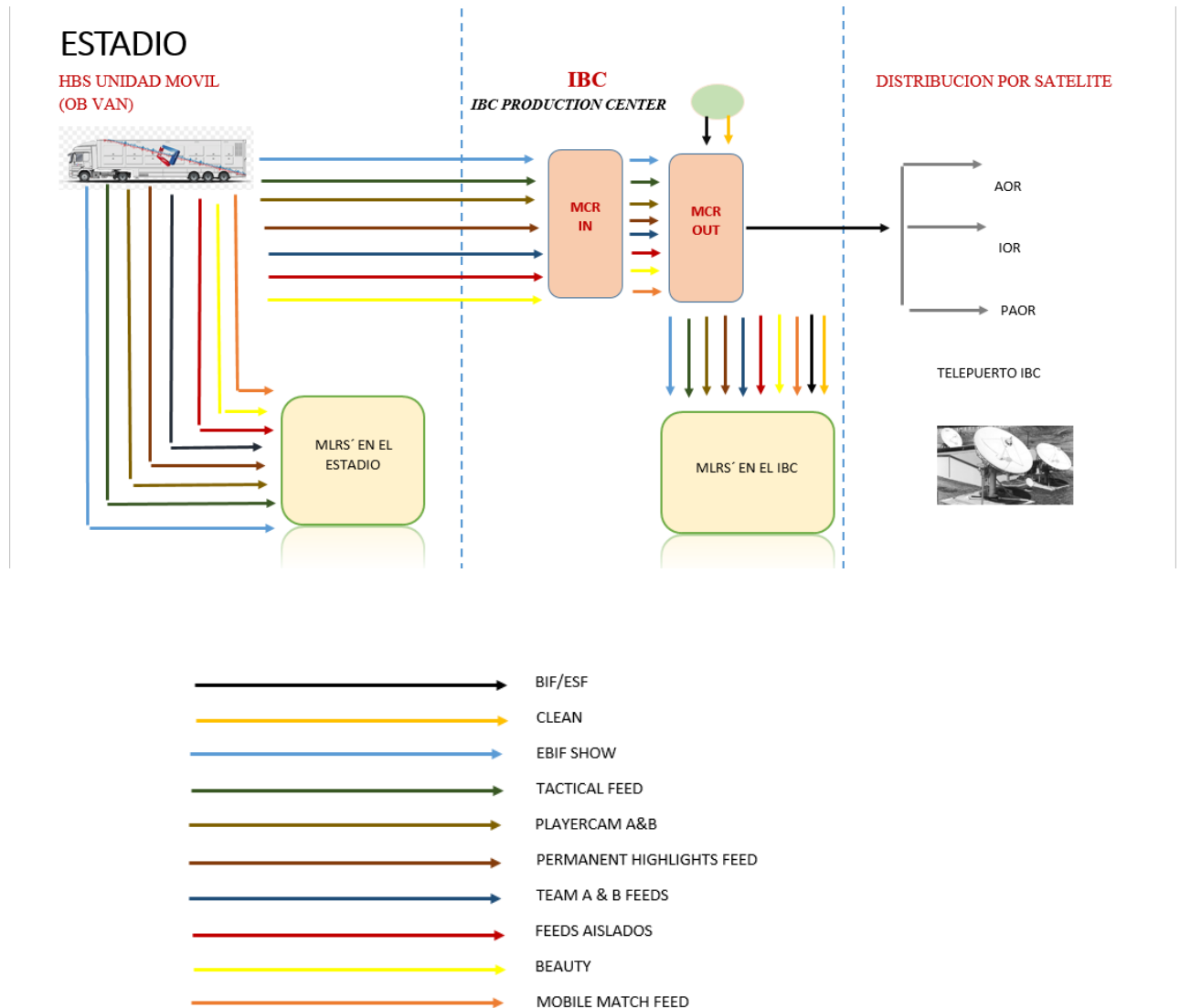
uso por equipos de producción de cada MLR's. Lo mismo ocurre con las cámaras 2, 3, 4 y 5, que como recordamos corresponden al plano Máster corto (cámara 2), cámaras de fuera de juego y de acción sobre las áreas (3 y 4) y cámara SSM (5). El feed aislado correspondiente en el servicio Multi Feed, ofrece una selección de las imágenes de estas cámaras y no la imagen de cada una de ellas por separado, que supondrían cuatro feed independientes. El objetivo es permitir a los MLR's utilizarlas en sus programas cuando lo consideren oportuno, mezclándolas con la señal pool, y grabarlas para ediciones posteriores, programas resumen y análisis de jugadas. También se entrega únicamente en el estadio.

- i. Un tercer feed aislado, ofrece la señal de la cámara beauty, con el mismo propósito que las anteriores. Los MLR's pueden, entre otros contenidos, crear un time lapse con esa señal, utilizarla para continuidad o llevarla a las pantallas que hay en los platós de los estudios de los MLR's como señal de directo en el previo del programa, ya que esta señal está en el IBC, además del estadio, y puede distribuirse a los espacios de cada MLR's para su uso, o, incluso, distribuirse vía satélite.
- j. Por último, la *cable camera*, se entrega separadamente, dentro del servicio de *feed aislados* del Multi Feed.
- k. Los feed adicionales ofrecen la cámara destinada a dispositivos móviles Mobile Match para que los MLR's puedan hacer uso de ella en su oferta para móviles, y un feed denominado Compilation Channel que tiene el objetivo de ofrecer una información continuada y lista para su emisión de todo lo anterior.

En definitiva, Multi Feed, da la posibilidad de que cada MLR's pueda construir su programa con libertad no estando atado a la realización que se ofrece en la señal pool principal BIF/ESF. Además los distintos feeds ayudan de manera notable a tener listos con rapidez programas resumen, programas de análisis y ediciones de video destinadas los programas de noticias, una vez terminado el choque.

Por otro lado, los pequeños broadcasters que ya han hecho un esfuerzo económico importante con la adquisición de los derechos de antena del campeonato y cuya economía no permite desplazar equipos propios al país anfitrión, para complementar y personalizar la información, ven como algunos de estos feeds resuelven el problema, logrando el acceso a unos contenidos que de otra forma serían inabordables para ellos.

4.10 DISTRUBUCION DE SEÑAL MULTI FEED



Observamos en el croquis de distribución que todas las señales que componen el servicio Multi Feed, se producen en la Unidad Móvil que opera el HBS en el estadio (o Unidades Móviles si es que se requiere de unidades de apoyo a la principal)

Todas ellas, a excepción de EBIF Show, que como sabemos es una señal que se compone de un programa especialmente realizado para MLRS' que los soliciten, se entregan a los medios que se encuentran en estadio, bien en sus

posiciones de comentaristas, cabinas de producción o unidades móviles de personalización para la realización de sus programas particulares.

Los feeds se transmiten de forma independiente hacia el IBC, que puede estar en la misma ciudad donde se ubica el estadio, o, en la mayoría de los casos, a cientos de kilómetros, ya que las fases de clasificación, hasta semifinales al menos, se disputan en distintas sedes. Por tanto, estas líneas que vemos en el croquis, son enlaces de fibra óptica redundados, aunque dependiendo del desarrollo en infraestructuras del país anfitrión, estas líneas de transmisión pueden ser enlaces microondas, y en algunos casos hasta enlaces vía satélite, si bien esta última posibilidad es mucho más costosa.

Por consiguiente, cuando un país es designado como organizador de un Campeonato del Mundo de Fútbol, y esto vale para los JJOO, entre otros aspectos importantes, los comisarios que lo han visitado han estudiado este importante asunto. Una vez que comienza la cuenta atrás para llegar al partido inaugural, que suele ser un periodo de años, los ingenieros de telecomunicación ponen manos a la obra para unir estas sedes con el IBC.

Las comunicaciones, en cuanto a transmisión y distribución de señales, es tan importante como la propia competición, ya que una no tiene sentido sin la otra. Se trata de un evento de interés universal, que reúne frente a la pantalla del televisor, o el aparato de radio, y en los últimos tiempos en los dispositivos móviles, a cientos de millones de personas en el mundo. La distribución de la señal de los encuentros, es de vital importancia. Y no menos relieve tiene la generación diaria de información audiovisual, y escrita, sobre todos los acontecimientos que se producen el campeonato. De ahí la transcendencia del IBC y de los servicios y contenidos que la organización ofrece en paquetes como el Multi Feed que estamos estudiando.

Observamos que las señales separada llegan al IBC el cual, a su vez, suma la más importante de todas ellas, sin restarles valor a ninguna, que es la señal BIF/ESF, señal pool del partido y que es la que la organización va a distribuir por el telepuerto satelital que se encuentra en el IBC, a través de satélites en las tres regiones en las que se divide el mundo, es decir, por un lado a los satélites del Atlántico (AOR), por otro a los satélites del Índico (IOR) y finalmente a los satélites ubicados sobre el Pacífico, PAOR ó POR.

Los MLRs' que se encuentran en el IBC, reciben, también, todas las contribuciones que llegan desde el estadio, ya que es en el IBC donde se sitúan sus principales medios de producción. Por ejemplo, un país C que está representado en el campeonato por su selección nacional, el equipo C, tiene interés en todo lo que ocurre en el partido que disputan el equipo A contra el equipo B. Por esa razón, no ha desplazado a ningún corresponsal y/o analista especializado al estadio, aunque está recibiendo todos los feed que componen el paquete Multi Feed en el espacio contratado en el IBC, donde cuenta con todo

tipo de medios de producción. Está recibiendo la señal BF/ESF del partido y grabándola. Está recibiendo la señal Clean para, con ella, producir una serie de clips resumen. Recibe los seguimientos de los dos jugadores estrellas que juegan en el equipo A y B, lo que tiene mucho interés para el país C, ya que ambos juegan en la Liga de este país. Puede, por tanto, producir, por ejemplo, un programa en directo desde su pequeño estudio en su espacio del IBC, con uno de sus presentadores de deportes desplazado al Mundial, donde se da paso a una línea exterior donde se encuentra la señal pool del partido para conocer el minuto y resultado, ya que quedan pocos minutos para que finalice el choque; programa que puede continuar con los highlights de la primera parte, más un resumen producido en la sala de postproducción con la actuación de ambos jugadores, ver las reacciones de los banquillos durante el encuentro, un mini resumen de la segunda parte hasta ese momento, la táctica empleada por ambos equipos, y como nota de color final, como se comportaron ambas aficiones. Este ejemplo, muestra la capacidad de producción que se consigue con los contenidos del Multi Feed, y, también, la importancia de contar con un espacio propio en el IBC donde poder recibir todos los contenidos que llegan del estadio para producir programas personalizados.

4.11 ESCALETA DE CONTENIDOS DE LA SEÑAL POOL BIF/ESF y CLEAN STADIUM FEED

Veamos a continuación cuales son los contenidos que la señal pool ofrece en el Previo del partido, señal que comienza 60 minutos antes del inicio del partido.

| CUENTA ATRÁS | CONTENIDOS SEÑAL POOL | DURACION |
|----------------|---|----------|
| 1:00:00 | Cabecera animada ESF Comienzo oficial de la señal ESF | 00:35 |
| -59:25 | Plano en directo del Estadio Grafismo identificativo | 00:15 |
| -59.10 | Mapa localizador de la Ciudad sede del partido. Postproducción animada | 00:40 |
| -58.30 | Plano en directo del Estadio Composición del Grupo al que pertenece el Partido. Clasificación del Grupo Grafismo | 01:00 |
| -57:30 | Alienaciones de los equipos A & B Grafismo | 01.45 |

| | | |
|---------------|---|-------|
| -55:45 | Diversos planos del Estadio | 00:45 |
| -55:00 | Vestuarios de los equipos A & B Llegada al Estadio de los equipos A & B Inspección del terreno de juego por parte de ambos equipos, A & B | 03:00 |
| -52:00 | Planos del Estadio. Planos de los jugadores más importantes de ambos equipos Primeros planos de los jugadores de ambos equipos, A & B Ejercicios de calentamiento de los equipos A & B | 24:00 |
| -28:00 | Planos del Estadio. Fans de ambos equipos | 05:00 |
| -23:00 | Diversos planos del Estadio. Planos de ambiente, fans, banderas, colores, atmósfera. | 10:00 |
| -13:00 | Plano general del Estadio | 01:00 |
| -12:00 | Equipos A & B en el túnel de vestuarios. Planos de gradas, atmósfera del Estadio | 03:00 |
| -09:00 | Equipos A & B caminando hacia el centro del terreno de juego | 01:30 |
| -07:30 | Himnos nacionales de los equipos A & B Plano, panorámica, de cada jugador escuchando el himno | |
| -04.30 | Capitanes de A & B con los árbitros en el centro del campo. | 00:30 |
| -04:00 | Alienaciones de equipo A & B Subtitulado con datos de cada jugador Grafismo | 02.15 |
| -01:45 | Seleccionadores equipos A & B Primeros planos en los banquillos Sorteo de campo con capitanes A & B y árbitros. Primeros planos de capitanes A & B y árbitros. | |
| -00:45 | Primeros planos de los jugadores más importantes de los equipos A & B Primeros planos de personajes VIP en el palco | 00:30 |
| -00:15 | Plano general del Estadio (10 segundos antes del comienzo del encuentro) | 00:15 |
| | COMIENZA EL PARTIDO | |

La señal pool a partir de ese momento se centra en el juego, realizando con las 29 cámaras desplegadas.

Acaba el primer tiempo, y comienza el descanso. La señal pool ofrece los siguientes contenidos

| CUENTA ATRÁS | CONTENIDOS SEÑAL POOL | DURACION |
|---|--|----------|
| 15:00 | El árbitro pita el final de la primera parte Los jugadores de los equipos A & B se dirigen al vestuario | 00:30 |
| -14:30 | Resultado del primer tiempo. Grafismo Plano general del Estadio | 00:10 |
| -14.20 | Primeros planos de los jugadores abandonando el terreno de juego | 00:50 |
| -13:30 | Planos del Estadio. Atmósfera. | 00:15 |
| -13.15 | Plano general del Estadio. Sobreimpresión estadísticas del primer tiempo | 01:00 |
| -12:15 | Planos del Estadio. Atmósfera | 00:15 |
| -12:00 | Highlights (mejores momentos) del primer tiempo | 03.30 |
| -08:30 | Planos del Estadio. Atmósfera | 01:00 |
| -07.30 | Planos de las cámaras para feed aislados (Beauty, Máster, 2, 3 4 y 5) | 05:00 |
| -02.30 | Planos del Estadio. Atmósfera. | 00:30 |
| -02:00 | Planos que muestran preparativos para la reanudación del encuentro. Los equipos A & B salen al terreno de juego Sustituciones en los equipos A & B | 02:00 |
| <u>COMIENZA LA SEGUNDA PARTE</u> | | |

La señal pool continúa a la finalización del partido. A partir de ese momento, se considera Post-partido (Post-Match)

Los contenidos que la señal ofrece son los siguientes:

| CUENTA | CONTENIDOS SEÑAL POOL | DURACION |
|----------|---|----------|
| ADELANTE | | |
| 00:00 | El árbitro pita el final del partido | 00:50 |
| | Primeros planos de goleadores A & B | |
| | Primeros planos de seleccionadores A & B | |
| | Primeros planos de fans equipos A & B | |
| | Primeros planos de representantes oficiales del equipos A & B | |
| 00:50 | Resultado final. Grafismo | 00:10 |
| | Pausas para comentarios y finalización programas | |
| 01:00 | Planos generales del Estadio | 02:00 |
| | Planos de la celebración de los fans | |
| | Primeros planos de los jugadores | |
| 03:00 | Planos del Estadio. Atmósfera | 00:10 |
| 03:10 | Estadísticas del partido. | 01.00 |
| | Grafismo | |
| 04:10 | Clasificación del Grupo donde participan los equipos A & B | 00:30 |
| | Próximos partidos de los equipos A & B | |
| 04.40 | Planos generales del Estadio | 00:20 |
| 05:00 | Highlights del encuentro | 03:30 |
| 08:30 | Planos generales del Estadio | 01:30 |
| | Pausa para comentarios de los distintos comentaristas | |
| 10:00 | Planos de cámaras para feeds aislados | 08:00 |

| | | |
|-------|---|-------|
| 18:00 | Plano general del Estadio (Beauty) | 01.25 |
| 19:25 | Cabecera animada de salida 2010 FIFA World Cup South Africa | 00:35 |

FIN SEÑAL POOL ESF

4.12 DIFERENCIAS ENTRE LA SEÑAL POOL ESF Y LA SEÑAL EBIF SHOW.

Las principales diferencias entre la señal ESF, pool, y la señal EBIF Show, que como apuntamos anteriormente, es una señal lista para emisión son las siguientes:

1. La señal ESF (Extended Stadium Feed) tiene una duración de 60 minutos en el previo, 15 minutos en el Descanso y 20 minutos en el Post.
2. La señal EBIF Show tiene una duración de 30 minutos en el Previo, 15 minutos en el descanso, y de 30 minutos en el Post-
3. La señal ESF es siempre directo.
4. La señal EBIF solo es a partir de los últimos 10 minutos antes del inicio del choque, donde se une a la señal ESF.
5. La señal ESF no incluye grabados, a excepción de las cabeceras de entrada y salida y los Highlights del primer tiempo y final de partido
6. La señal EBIF Show es una señal editada desde el primer instante y hasta los 10 minutos antes del inicio del partido, ya que va incluyendo una serie de contenidos que son resumen de los mejores momentos de la señal ESF que lleva 30 minutos de antelación sobre ella. Por ejemplo, la señal ESF ofrece 24 minutos en directo de los ejercicios de calentamiento. La señal EBIF Show, ofrece los calentamientos como video resumen con una duración de 45 segundos.
7. La señal ESF no incluye reportajes de ningún tipo. La señal EBIF Show ofrece 2 reportajes en el previo, uno por cada equipo A & B. Estos se emiten a 20 y 17 minutos del inicio del encuentro, y tienen una duración de 2:20 minutos.
8. La señal ESF no lleva ningún tipo de efecto tipo cortinillas de separación o separadores entre contenidos. Estos se separan mediante planos generales del Estadio y la atmósfera que se vive en él.
9. La señal EBIF Show, contiene varios separadores o cortinillas, ya que, en realidad, es un programa clásico de televisión que, como otro cualquiera, usa separadores animados de contenido entre bloques.
10. La señal EBIF Show comienza con un video Sumario, de 30 segundos de duración que sitúan al espectador.

11. La señal EBIF Show incluye grafismo particulares sobre la composición del Grupo y la evolución de cada equipo que lo forma durante la competición.
12. La señal EBIF Show incluye un grafismo especial sobre la táctica que emplean ambas selecciones A & B.
13. En el Post partido, la señal EBIF Show, ofrece dos videos Flash editados en caliente (de última hora) con entrevistas a protagonistas de los equipos A & B, de 3 minutos de duración. Se emiten a los 3 minutos 45 segundos de finalizar el choque. Más adelante, en el minuto 11 de la escaleta, vuelven a ofrecerse entrevistas con protagonistas de ambos conjuntos.
14. En el Post partido, la señal EBIF Show no se une en ningún momento a la señal ESF, como ocurre en el Previo y Descanso.

En definitiva, la señal ESF es una señal en directo, producida para directo, que ofrece la continuidad precisa para programas producidos por los MLRs' que son programas personalizados que incluyen, video, conexiones con corresponsales, analistas, invitados, etc. La señal ESF puede actuar como continuidad del programa, por lo que a la vuelta de cada video, análisis, conexión o publicidad es posible retomar con la señal ESF que está realizando una escaleta ininterrumpida de contenidos con una cuenta atrás específica hasta el inicio del encuentro.

En el lado opuesto está señal EBIF Show, que también es una señal pool, un tanto particular. Es una señal que va seleccionado momentos importantes y significativos de la señal ESF (por ejemplo la llegada de los equipos al estadio) y ofreciéndolos editados minutos después. Es una señal que no trabaja para la continuidad de un programa en directo, porque es un programa en sí mismo, que no admite interrupciones con contenidos distintos a los que propone. Es un programa que va directamente a continuidad. Solo da la posibilidad de introducir contenidos propios cuando se une a la señal ESF, 10 minutos antes del inicio del choque, cuando los jugadores están en el túnel de vestuario, o 2 minutos antes de que empiece el segundo tiempo, cuando se convierte, por tanto, en una señal en directo.

4.13 FEED HIGHLIGHTS PERMANENTES

Este contenido incluido en el Muti Feed es un envío de gran utilidad para los MLRs' ya que están recibiendo constantemente material que pueden usar en sus ediciones y postproducciones. En este caso concreto, la organización se comporta como agencia, con la particularidad de que los contenidos distribuidos están siendo editando en caliente, un tipo de edición que se caracteriza por llevarse a cabo al mismo tiempo que el evento se está produciendo, es decir, tomando como fuente el directo que en ese momento recoge la actualidad. Esta particularidad, como decimos, es una enorme ventaja para los clientes del

servicio, puesto que pueden preparar ediciones de video personalizadas con gran rapidez, listas para la emisión. Les libera, por otra parte, de dos aspectos claves en la producción, que son la cobertura del evento y la transmisión del material, sea en directo o grabado. Los MLRS's no solo debería destinar medios de producción para la cobertura de la noticia, en el caso de que tuviesen derecho para hacerlo, que esa es otra cuestión, ya que en el estadio la mayoría de los contenidos son cubiertos por la organización (pool), sino que además deberían de destinar medios de transmisión para su recepción en el Centro de Producción, o en el espacio dedicado en el IBC. Este feed de highlights permanentes, simplifica todos estos procesos y descarga de esa responsabilidad a los medios, de tal manera que optimizan sus recursos en la producción de contenidos personalizados, en los cuales hay una simbiosis entre los contenidos pool y los propios.

El feed, comienza 10 minutos antes del inicio del partido y se extiende hasta 30 minutos después del pitido final. Los highlights se actualizan después de cada momento significativo del partido y son repetidos en un loop hasta la siguiente actualización. El loop al comienzo del feed tiene unos pocos segundos, con el contenido generado hasta ese momento, pero se va haciendo progresivamente más largo a medida que el partido avanza. Al final del encuentro, el feed puede tener una duración que oscila entre los 3 y 5 minutos, dependiendo de la intensidad y hechos noticiosos que se hayan producido en él. Cada segmento del feed es identificado con una marca temporal, que muestra mediante un grafismo en que minuto del partido ocurrió el hecho recogido en el feed. Las plataformas digitales pueden emitir estos highlights en doble ventana (o picture-in picture) de tal manera que permita a los espectadores unirse al contenido después del inicio del partido. Los canales tradicionales, pueden recuperar estos contenidos en el descanso o al final del partido.

Los contenidos del feed se entregan en formato en HD y SD 16:9, con sonido internacional (ambiente) y sin gráficos.

4.14 MOBILE MATCH FEED

El feed destinado a dispositivos móviles se produce durante todos los partidos del Mundial.

HBS ha llevado a cabo las investigaciones pertinentes para que este servicio tenga la mejor calidad posible. Las primeras pruebas se realizaron durante los partidos de la Liga de Primera División de Fútbol en Francia, con éxito. Una de las conclusiones del experimento es la conveniencia de instalar una cámara dedicada en la plataforma donde se ubican las cámaras Máster y Máster corto, en el centro del terreno de juego, posición elevada, y mezclar su señal con las de las otras cámaras de la señal pool BIF/ESF. La combinación, da un buen

resultado para visionados en pequeñas pantallas como son las de los dispositivos móviles.

El feed está disponible desde 12 minutos antes del encuentro del partido, y se cierra 5 minutos después del pitido final.

El principal objetivo fue estructurar los derechos de emisión relativos a la emisión en movilidad, así como productos y eventos que rodean el campeonato. Los usuarios podrían generar un cambio en los hábitos de consumo, gracias a la disponibilidad de los contenidos en sus dispositivos, de tal manera que se extendiera más allá del momento concreto en el que se disputa el partido, para ocupar prácticamente todo el día desde las primeras horas del día hasta la medianoche. El contenido se adaptará a las necesidades del Mobile Network Operators (MNOs), el mercado de telefonía móvil en el mundo y a la de los aficionados.

En el Mundial 2006 celebrado en Alemania, los contenidos para dispositivos móviles fueron cortos clips de video, con los goles y algunos momentos destacados del juego. Su implementación dio algunas claves sobre las posibilidades que el proyecto tendría en eventos de similares características. En el año 2010, el escenario había cambiado sustancialmente, y más aún lo haría en los años venideros, con la llegada de las redes 3G y 4G y con ellas la proliferación de dispositivos móviles de uso personal a los que dotar de contenido atractivo, como lo es el video.

FIFA ha trabajado conjuntamente con los MNOs y MLRs para la generación de un contenido que responda a las necesidades de los usuarios en cada territorio, según sus características. La pieza central de estos estudios ha de ser la posibilidad de generar una señal en directo del partido, que sea específica para dispositivos móviles, así como la puesta en marcha de unidades de producción que sean capaces de crear productos audiovisuales con la información diaria que se genera alrededor del campeonato.

El paquete de información destinada los dispositivos móviles ha de tener algo más que los contenidos recuperados de la emisión broadcast y versionados para este servicio. Además, desde el punto de vista tecnológico hay que asegurar que dichos contenidos se adaptan perfectamente a las pequeñas pantallas. Es por estas dos razones por las que se pone en marcha el feed específico Mobile Match.

La siguiente tabla nos da una idea del contenido que se ofrece en el programa Previo:

| CUENTA ATRÁS | CONTENIDO MOBILE MATCH | DURATION |
|-------------------------|---|-----------------|
| -12:00 | Cabecera animada Mobile Match Cabecera ciudad sede partido | 01:00 |
| -11:00 | Plano General del Estadio Comentarios en inglés Equipos A & B en el túnel de vestuarios Bandera de FIFA y equipos A & B en el terreno de juego | 02:00 |
| -9:00 | Equipos A & B en el terreno de juego | 02:00 |
| -7:00 | Himnos equipos A & B Panorámica sobre primeros planos de jugadores A & B escuchando el himno. | 03:00 |
| -4:00 | Capitanes A & B en el centro del campo con equipo árbitros | 00:30 |
| -03:30 | Alienaciones equipos A & B. Grafismo | 02:00 |
| -01:30 | Primeros planos de Seleccionadores A & B. Banquillos. Sorteo de campo. | 00:45 |
| -00:45 | Primeros planos de los jugadores más importantes de equipos A & B Primeros planos de personalidades en el palco | 00:25 |
| -00:20 | Plano General del Estadio COMIENZA EL PARTIDO | 00:20 |

Indudablemente, el feed continúa en el Descanso y el Post Match. Incluye los principales momentos del choque y entrevistas, así como secuencias editadas con música.

Por otro lado, y sumado al anterior contenido, el feed ofrecerá diariamente noticias y reportajes sobre la actualidad de los equipos.

Como vemos en las siguientes imágenes, la producción se ajusta a las pequeñas pantallas de los dispositivos móviles.

En el primer ejemplo, el gol de Iniesta en la Fina, hay un re-escalado de la señal que ofrece una de las cámaras de la producción broadcasts para adecuar a las nuevas pantallas.



INTERNACIONAL FEED 4.3 PARA DISPOSITIVOS MÓVILES



INTERNACIONAL FEED 16:9 PARA BROADCASTER

En el siguiente ejemplo, vemos el encuadre que ofrece la cámara Mobile Match (M) situada en la plataforma junto a la cámara Máster y el encuadre de la misma jugada que ofrece la cámara Máster (1)



INTERNACIONAL FEED 4.3 PARA DISPOSITIVOS MÓVILES
CÁMARA MOBILE MATCH



INTERNACIONAL FEED 16:9 PARA BROADCASTER
CÁMARA MÁSTER

Como observamos en las imágenes, el grafismo también está adaptado al nuevo entorno, más grande y en algunos casos concretos más claro y sencillo, de tal forma que es preciso desarrollar una línea gráfica específica para los dispositivos móviles.

4.15 AUDIO: PLAN DE PRODUCCION

TVIS, TELEVISION INTERNACIONAL SOUNDTRACK (STEREO)

TVIS es un estándar de calidad de audio aplicado a la producción de cada partido. Al menos es la combinación de 12 micrófonos estéreo, situados estratégicamente sobre el terreno de juego. TVIS puede ser compatible con sonido monoaural.

TVIS combina el sonido de la afición en las gradas del estadio así como la atmósfera que se genera en el recinto con los himnos, el sonido que produce el balón al ser golpeado o rodar por el terreno de juego, el audio recogido por una cámara a ras de campo, el que capta la steadycam, el ambiente en el túnel de vestuarios o los nervios de los protagonistas en el banquillo.

Toda esta combinación es el sonido ambiente o internacional, el cual es de la máxima importancia para crear el universo sonoro que se crea en el estadio y que es la clave para dotar de vida propia a cada imagen. los MLRs precisan de este audio, para sumar el audio producido por cada uno de ellos, personalizado, de su comentarista o presentador.

TVIS es embebido en los canales 1 y 2 de la señal pool BIF/ESF tanto en HD como en SD. En los mismos canales de la señal Clean, y en los canales 1 y 2 de la señal EBIF Show y Mobile Match

RIS: RADIO INTERNATIONAL SOUNDTRACK (STEREO)

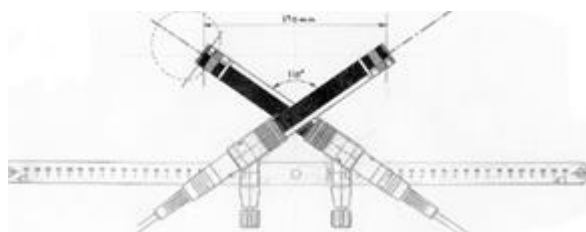
Tiene parecidas características que TVIS si bien la transmisión desde el micrófono a la Unidad se hace vía radio y no por el cable triax de la cámara. Los MLRs solo han de sumar los comentarios de sus speakers o presentadores.

RIS está disponible en los canales 7 y 8 de la señal pool BIF/ESIF, en los canales 7 y 8 de la señal EBIF Show, en los canales 1 y 2 de los feed PlayerCam A y Player CamB, en los canales 1 y 2 de los Feed Tactical y Feed Aislados correspondientes a las cámara Beauty y Helicóptero.

MULTI-CHANNEL INTERNACIONAL SOUNDTRACK

MCIS es un sonido de calidad 5.1 que es producido en cada partido del campeonato con la combinación y mezcla de al menos 12 micrófonos distribuidos por el campo, incluyendo una serie de micrófonos Surround, y la captación de audio con la técnica estéreo ORTF.

Esta técnica utiliza dos micrófonos cardioides de primer nivel, separados entre sí 17 cm, con ángulo formado entre ambos de 110°. El espaciamiento entre micrófonos emula la distancia entre los oídos humanos, y el ángulo entre ellos trata de replicar el efecto de sombra de la cabeza. Esta técnica ofrece la grabación con una imagen estéreo más amplia.



MCIS proporciona un sonido inmediato y excitante de lo que está aconteciendo en el terreno de juego, con la mejora del sonido envolvente que proporciona el sistema 5.1 junto a la resolución de las imágenes HD. El objetivo es situar al espectador en el ambiente del estadio.

El sistema Dolby multicanal de audio 5.1, codificado, está disponible en el IBC y en cada Estadio para el uso que los MLRs requieran en sus producciones.

Dolby 5.1 puede sumar, además, comentarios en inglés.

Está disponible en los canales 5 y 6 de la señal pool BIF/ESF como una señal codificada, al igual que en los canales 5 y 6 de la señal EBIF Show. A su vez está disponible en los canales del 3 al 8 en la señal Clean, pero sin codificar, como una señal discreta, es decir sin cuantificar.

El siguiente esquema nos da una idea sobre la distribución de audio en las señales pool del Multi Feed.

| AUDIO : PLAN DE PRODUCCION | | | | |
|----------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|
| FEED | Canales Embebidos | Audio Feeds a los MRLS Estadio | Audio Feeds a los MLRs | Formato |
| BIF/ESF | 1 y 2 | TVIS | TVIS | Stereo |
| | 3 | Comentarios en inglés, limpio | Comentarios en inglés, limpio | Mono |
| | 4 | Comentarios en inglés, mezcla | Comentarios en inglés, mezcla | Mono |
| | 5 y 6 | 5.1 Surround | 5.1 Surround | Dolby 20 bit |
| | 7 y 8 | RIS | RIS | Stereo |
| CLEAN (CSF) | 1 y 2 | TVIS | TVIS | TVIS |
| | 3 Y 4 | 5.1 sin codificar C/LFE | 5.1 sin codificar C/LFE | Surround |
| | 5 y 6 | 5.1 sin codificar L/R | 5.1 sin codificar L/R | Surround |
| | 7 y 8 | 5.1 sin codificar LS/RS | 5.1 sin codificar LS/RS | Surround |
| EBIF Show | 1 y 2 | N/A | EBIF Show con TVIS | Stereo |
| | 3 | N/A | Comentarios en inglés, limpio | Mono |
| | 4 | N/A | Producción y coordinación | Mono |
| | 5 y 6 | N/A | 5.1 Surround Mix | Dolby 20 bit |
| | 7 y 8 | N/A | RIS | Stereo |

| AUDIO : PLAN DE PRODUCCION | | | | |
|----------------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------|
| FEED | Canales Embebidos | Audio Feeds a los MRLS Estadio | Audio Feeds a los MLRs | Formato |
| HIGHLIGHTS | 1 y 2 | N/A | Audio editado asociado a imagen | Audio editado |
| EQUIPO A | 1 y 2 | Audio editado asociado a imagen | Audio editado asociado a imagen | Dual Mono |
| EQUIPO B | 1 y 2 | Audio editado asociado a imagen | Audio editado asociado a imagen | Dual Mono |
| TACTICA | 1 y 2 | Audio editado asociado a imagen | Audio editado asociado a imagen | Streo |
| | 3 y 4 | Rueda de prensa traducción simult. | Rueda de prensa traducción simult. | Dual Mono |
| PLAYERCAM A | 1 y 2 | RIS | RIS | Stereo |
| | 3 Y 4 | Ambiente terreno juego | Ambiente terreno juego | Dual Mono |
| PLAYERCAM B | 1 y 2 | RIS | RIS | Stereo |
| | 3 y 4 | Ambiente terreno de juego | Ambiente terreno de juego | Dual Mono |
| CAM 1 | 1 y 2 | Emergencia y coordinación | Emergencia y coordinación | Stereo |
| BEAUTY | 1 y 2 | RIS | RIS | Stereo |
| HELICOPTERO/CABLE CAM | 1 y 2 | RIS | RIS | Stereo |
| | 3 y 4 | Aéreo (desde cam) | Aéreo (desde cam) | Stereo |
| CLIPS COMPILACION | 1 y 2 | Audio editado asociado a imagen | Audio editado asociado a imagen | Audio editado |
| MOBILE MATCH | 1 y 2 | N/A | TVIS | Stereo |
| | 3 | N/A | Comentarios en inglés, limpios | Mono |
| | 4 | N/A | Comentarios en inglés, mezcla | Mono |

Es importante señalar que la señal pool BIF/ESF provee de comentarios en inglés limpios, sin ambiente, en el canal 3, mientras en el canal 4 van los mismos comentarios en inglés pero en mezcla con el ambiente de la señal internacional.

Además entrega en los canales 5 y 6 el audio Dolby 5.1 y en los canales 7 y 8 el audio de radio RIS.

La señal Clean, por el contrario, ofrece en los canales 1 y 2 el audio TVIS, en los canales 3 y 4 entrega el audio 5.1 sin codificar con los canales Centro y Subwoofer (LFE), en los canales 5 y 6 ofrece el audio 5.1 sin codificar con los canales Izquierdo (L) y Derecho (R), y en los canales 7 y 8 va el audio 5.1 sin codificar con los canales Envoltente Izquierdo (LS) y Envoltente Derecho (LR)

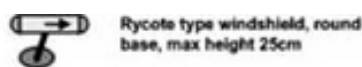
Lo más destacable de los otros feeds está en el Tactical que entrega, tanto en el Estadio como en IBC, en los canales 3 y 4, las ruedas de prensa con traducción simultánea.

La cámara Máster (1) usa los canales 1 y 2 para coordinación y emergencia, y la cable cámara lleva el micro incorporado.

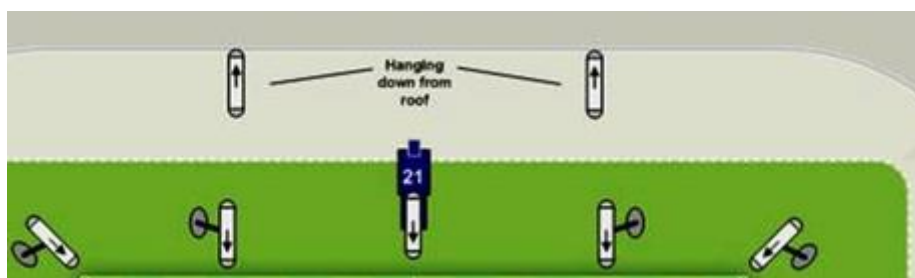
La distribución de los micrófonos en el terreno de juego lo muestra el siguiente esquema



- Hay 12 micrófonos distribuidos alrededor del campo en posiciones previamente aprobadas por la organización. Estos micrófonos se representan mediante el siguiente icono



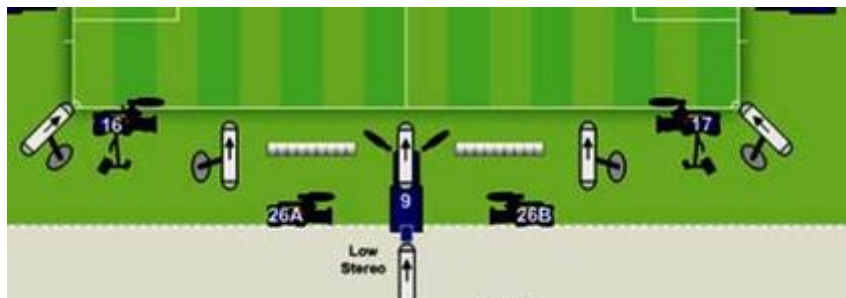
Y están colocados en la banda del ángulo contrario, 4 micrófonos, dos en cada córner, y dos en cada lado a mitad de campo. Otros dos se sitúan en la parte alta del estadio. Total 6



Detrás de las porterías, donde hay dos en cada lado, cada uno justo detrás de la portería. Total 2



Y en la banda donde se ubica el Máster, donde hay 4 micrófonos, dos en el lado derecho del campo, en las mismas posiciones que en el ángulo contrario, es decir, uno en el córner y otro a mitad de campo, con la misma distribución en el lado izquierdo del terreno de juego. Total 4, un en cada córner, y otros dos en mitad de cada lado del terreno de juego.



Los micrófonos utilizados son Sennheiser 416, que llevan protección para restar la influencia del viento, en la mayoría de los casos. La imagen siguiente nos muestra uno de ellos, con el paraviento y el mecanismo interno.



- Por otro lado, en el estadio se colocan otra serie de micrófonos, que son una combinación de micros especiales Surround y ORTF.

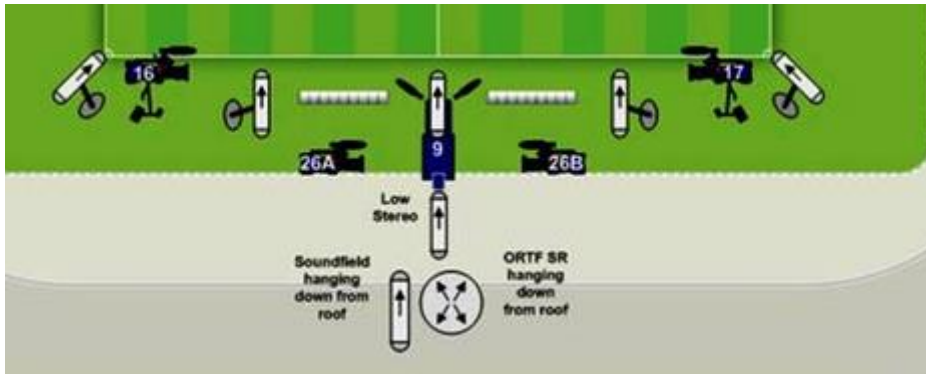
Los micrófonos Surround se distinguen mediante el siguiente icono



Y los micrófonos ORTF con el siguiente:



Los equipos Surround se encuentran ubicados en la parte alta del estadio, dirigidos hacia el campo, como vemos en el figura



Y los ORTF detrás de las porterías.



- Las cámaras, tanto las fijas en trípode como las cámaras a mano y steadycam, como vemos en el plano de distribución del audio, llevan también incorporados micrófonos.

LA EXPERIENCIA DE SUDRAFRICA

El equipo de audio, que trabajó en la producción de audio en el Mundial de Sudáfrica constó de dos Supervisores de producción de sonido, un Jefe Técnico de calidad y un Ingeniero de Mantenimiento. A estos se sumaron cuatro técnicos en cada lugar, así como dos Supervisores de Control de Calidad de Audio dos Supervisores de sonido Surround Supervisores y dos ingenieros de sonido en el IBC. Todos ellos recibieron una amplia formación antes del torneo para asegurar que las directrices teóricas y prácticas eran uniformes. "Pasamos mucho tiempo en la mejora de las mediciones de sonoridad ", añade Cristhian ", que es la medición de la intensidad en el plano técnico y percibida para mantener la consistencia y coherencia con la imagen."

El uso de un nuevo diseño de matrices de sonido envolvente para proporcionar una mayor sensación espacial y el ambiente más emocionante, así como tecnología de micrófono digital para mejorar los sonidos del lado del terreno de juego, tales como patadas al balón, formaban parte del objetivo para ayudar a crear la verdadera experiencia sonora de estar dentro un estadio africano. Por supuesto, hay otro elemento significativo de esta experiencia de la Copa Mundial, relacionado con las vuvuzelas. Tras la experiencia de la Copa FIFA Confederaciones 2009, HBS modificó su plan de producción de audio para minimizar los trastornos causados por las vuvuzelas. En particular, se compraron micrófonos adicionales y los auriculares de comentarista fueron actualizados. "Hemos trabajado duro con las vuvuzelas", dice Christian, "llegar a un buen compromiso en la eliminación de algunos de los componente tonal sin lastimar el paisaje sonoro global de una experiencia africana.



Una de las mesas de mezclas de audio Lawo mc266 utilizadas en el Mundial de Sudáfrica. Cuatro por estadio, incluyendo IBC.

4.16 GRAFICOS

HBS trabajó con Delta Tre Informática para el diseño y aplicación en la línea gráfica aplica en la producción del campeonato.

GRAFISMO DURANTE EL PARTIDO

El grafismo aplicado por la organización durante el partido debe de estar sobre la mitad de la parte inferior del cuadro, dejando la parte superior libre para que los MLRs´ inserten su propio grafismo. Sin embargo, cierto grafismo que suele usarse en el previo y post del partido, como por ejemplo las alineaciones en el previo, puede ocupar la pantalla completa. Además, el reloj y resultado no está siempre presente, siendo insertado periódicamente junto a la línea de resultados en la parte inferior.

GRAFISMO ACOMPAÑANDO ACCION DEL JUEGO

El seguimiento sobre los 22 jugadores durante el partido y la acción del balón será realizado en directo. Los datos generados se enviarán a la Central Results System (CRS) donde se convertirá a un formato disponible para televisión, medios de comunicación, todo ellos sujeto a los acuerdos y posibles restricciones que se encuentren reflejados en el contrato de Derechos con los MLRs.

Una unidad de producción especialmente dedicada a los datos de seguimiento se encuentra en el IBC. Después de analizar los datos, esta unidad produce una selección de gráficos animados que ofrece una imagen atractiva e interesante sobre la actuación del jugador y el equipo al que pertenece durante la competición.

Los gráficos animados se producen cada día del campeonato y están disponible en el FIFA Server, usándose fundamentalmente en el feed EBIF Show.

GRAFICOS VIRTUALES

El partido principal contará con un grafismo virtual que se aplicará en los posibles fuera de juego y solo cuando editorialmente sea interesante. Este grafismo virtual podrá ser incrustado al momento. Ningún otro grafismo virtual será insertado en vivo, tal como distancia de la barrera, velocidad del balón, etc, en la señal pool. Los MLRs´ no están autorizados a colocar sus propios sistemas de grafismo virtual junto a la línea donde se ubican las cámaras de la señal pool, a 16 metros, pero pueden operar sus sistemas de reconocimiento facial (picture recognition) en el estadio, en la zona de Unidades Móviles a la que se conoce como Broadcast Compound, o en sus espacios reservados en el IBC.

MODELADO VIRTUAL (VIRTUAL MODELING)

HBS provee de un sistema de modelado virtual durante el campeonato. Una unidad dedicada este cometido en el IBC, va seleccionado momentos clave del

juego y generando secuencias animadas. Dichas secuencias están disponibles en el FIFA MAX Server y en el feed EBIF Show.

PAQUETE GRAFICO

En pantalla el paquete gráfico incluye los siguientes elementos gráficos

- Cabeceras animadas de entrada
- Fondos animados en loop
- Paquete de gráficos para su inserción durante el partido
- Música, junto a títulos, promociones, reportajes, etc
- Cortinilla de salida de repeticiones. Incluye un canal alfa embebido que puede ser reproducido desde un video o disco

Este paquete gráfico está disponible meses antes del inicio del campeonato, y puede descargarse desde la web de Gráficos de FIFA. En todo caso, todos los elementos gráficos están disponibles en cualquier momento a través del HBS, solicitándolos expresamente. Esto permite a los MLRs disponer con antelación del grafismo para su uso y aplicación en sus respectivos programas, previos al inicio del campeonato.

GRAFISMO SOBRE CIUDADES SEDE

Se incluye un paquete específico de contenidos de cada ciudad sede, con imágenes sobre arquitectura, gente, gastronomía, estilo de vida y planos aéreos. Incluye un mapa localizador de la ciudad, animado, y música.



Disponible con meses de antelación, con el mismo objetivo señalado anteriormente con el paquete gráfico.

GRAFISMO CON CONTENIDOS ACTUALIZADOS

Al final de cada partido, la organización ofrece un resumen gráfico y *templates* (plantillas gráficas) de la jornada, con aquellos contenidos más relevantes, como resultados, composición del grupo, clasificación, noticias acerca de los equipos y autopromociones.

La duración de este grafismo ronda entre los 3 y cuatro minutos.

Este grafismo incluye una locución en inglés y una escaleta de contenidos. Se incluye en el feed EBIF Show, pero también disponible en el FIFA MAX Server como clips aislados, listos para su uso.

Se producen cuatro actualizaciones al día.

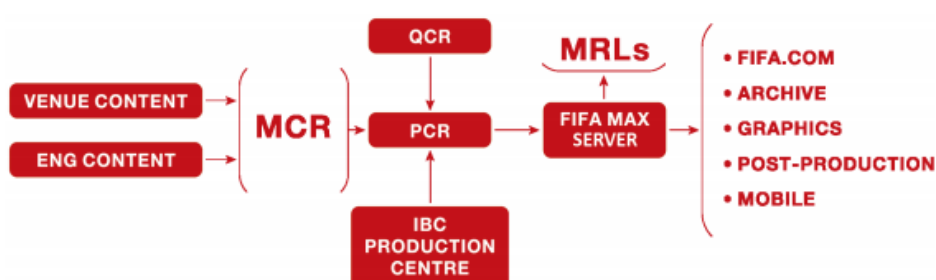
4.17 AUTOPROMOCIONES

Una unidad de producción específica ubicada en el IBC produce autopromos sobre los eventos y encuentros del campeonato.

Disponibles, también, el FIFA MAX Server, y distribuidas simultáneamente en los servicios diario de actualidad. Son parte del contenido del EBIF Show.

4.18 FIFA MAX SERVER

FIFA MAX Server Overview



El flujo de trabajo que se expone a continuación y que se refleja en el esquema anterior, es una operación totalmente digital, sin empleo de cintas, con herramientas de máximo nivel en edición y postproducción para la generación de contenidos en video y audio.

Los materiales audiovisuales provienen de varias fuentes, como vemos, siendo las dos principales aquellos que proceden de los estadios (Venue) y los que producen los 32 equipos ENG's, que trabajan por la recopilación de información diaria y que distribuyen entre las distintas sedes. Ambos llegan al MCR o Control Central del IBC, donde se ingestan al SERVER MAX previo paso por un control de calidad intermedio (QCR). A estos contenidos se suman los que se producen el IBC, siendo todos gestionados mediante varias estaciones de producción en tiempo real, que gestionan todos los contenidos de video y gráficos antes de pasar al SERVER MAX.

Los usuarios conectados al sistema (MLR's) pueden acceder al server mediante estaciones de trabajo en baja definición, browsing, para transferir el material que deseen a su propio sistema para trabajar unilateralmente con él.

En el FIFA MAX SERVER se encuentran ingestados, como apuntamos anteriormente, los feeds correspondientes al MULTI FEED, así como los materiales audiovisuales que los MLR's quieran compartir entre ellos, poniéndolos a disposición en el server. Los gráficos, cortinillas, templates y otros contenidos también están entre los contenidos alojados en el Server.



ACCESO AL MAX SERVER DESDE FUERA DEL IBC

Durante la celebración del campeonato, se podrá acceder al servidor vía un servidor web, si bien los contenidos sobre el encuentro que se esté disputando no están disponibles. Solo aquel material que se considere relevante formará parte de este servidor web, que ofrece archivos de video y visionado en baja resolución. En total, los contenidos disponibles tienen una duración de unos 10 minutos diarios, que abarcan la información más importante de la jornada.

Los equipos de cámara suministran la actualidad de los equipos en competición. Los días que no hay partidos, por ejemplo, la finalizar las rondas de octavos o cuartos, la información incluye entrenamientos, ruedas de prensa y entrevistas.

En todos los casos, se incluye una promoción en video del campeonato, actualizada, con una duración aproximada de 30 segundos.

AUDIO SERVER

HBS y la organización pusieron en funcionamiento durante el campeonato un AUDIO SERVER, destinado a las radios, las cuales podían bajarse audio de calidad broadcast, pistas de audio y conferencias de prensa realizadas por cualquiera de los equipos participantes. Unos diez minutos de información por selección está disponible en este servidor diariamente. El formato del archivo es AAC a 192 kbps.

CAPÍTULO DOCE: EL MODELO LIVE!

1. EL PROYECTO LIVE: LA GENESIS.

1.1 LIVE LA AGENCIA DE NOTICIAS EN DIRECTO

Planteamiento

Agencia de noticias con contenidos exclusivamente en directo, procedentes de todos los países del mundo, aunque centrado la información en España para los medios españoles.

Existe la posibilidad de ampliar el mercado a otros países de habla hispana con los que sería posible compartir contenidos, más allá de producir señales en directo de ámbito local.

Live es una agencia *low cost*, cuya objetivo es ofrecer el servicio a todo tipo de clientes, incluyendo broadcaster, medios digitales y prensa escrita, medios líquidos, clubes de fútbol, instituciones y todo tipo de empresas sean o no parte del sector.

La intención de la agencia es aglutinar, ordenar y producir todos los acontecimientos y eventos de importancia, tanto en España como fuera de nuestras fronteras. Es objetivo de la agencia estar presente en todos y cada uno de los breaking news que se produzcan el mundo ofreciendo contenidos en riguroso directo. Esto no debería ser óbice para contemplar la posibilidad de ofrecer en estos y otros puntos que son noticia servicios de personalización a los clientes que lo demandasen, bien en directo con sus respectivas cadenas como en falso directo.

Hay que resaltar la importancia de la ordenación de los contenidos, ya que muchos de éstos son señales pool e institucionales que son entregadas en el mismo lugar que se producen, o puestas disposición de los medios en los centros nodales e, incluso, en los correspondientes satélites. El hecho de que la agencia aglutine estos contenidos para entregarlos a los clientes por una única vía de distribución (la que nos une con ellos) significa no solo un ahorro de costes importante para el medio, sino la seguridad de que la información llega ordenada, a su debido tiempo, además de incluir breves reporter de previsión, alerta y actividad.

Sería importante considerar la posibilidad de ofrecer servicios a la carta y exclusivos, que permitan a los medios diferenciarse de los de la competencia. Esta circunstancia es especialmente interesante para medios digitales, que deberían de ser los soportes y clientes más significativos del servicio, más allá de la importancia de la agencia Live para las redacciones de los broadcaster, que con él se evitan en gran medida costes de producción, sumando además el importante valor que significa poder seguir la información en el momento que se produce, desde los puestos de trabajo de la redacción, al mismo tiempo que se está ingestado, lista para su edición.

Partners:



El hecho de que Live contenga los eventos y noticias más importantes que se suceden en el mundo (y que estén libres de derechos) obliga a la unión estratégica con una potente agencia que pueda suministrar estos contenidos.

El acercamiento que hemos hecho hacia Reuters, que cuenta con un servicio denominado Reuters Live (en contraposición con el de su competencia, APTN DIRECT), parece que ha sido bien recibido. Los responsables para España y Latinoamérica de la agencia Reuters nos trasladan el interés de sus superiores

hacia el proyecto, así como su disposición a iniciar las conversaciones previas a un desarrollo conjunto de la idea.

Esta primera aproximación a Reuters no debería de ser incompatible con la posibilidad de plantear el proyecto precisamente a su competencia, APTN, o incluso a otras agencias internacionales como France Press o a medios que se plantean seriamente convertirse en proveedores de contenidos como es el caso de CNN que además se distingue por la potencia de su producción en directo.

Al respecto, el hecho de contar con un partner de la importancia de cualquiera de las dos agencias internacionales dota de sentido al proyecto, lo globaliza, abre con más facilidad la puerta de entrada que nos conduce a los clientes, que tendrían la sensación de que el servicio que contratan es útil y completo, y además ofrece una nueva e interesante vía de negocio relacionado con Live y complementario a él.

Se trata de lo siguiente. Ambas, Reuters y APTN, además de ser clásicas agencia de noticias, cuentan con una división de producción que ofrece servicios de stand up y play out en los puntos calientes de la actualidad, desde breaking news a eventos programados con antelación. Uno de los problemas que acarrearán desde hace años, es la relativa lentitud de respuesta ante acontecimientos imprevistos, llegan tarde con pocas unidades de enlace (DSNG, fly away) con overbooking de servicios. Esta es una de las razones del indudable y merecido éxito de Overon en la producción de eventos internacionales. Es decir, la rapidez de respuesta, la agilidad de sus equipos, la organización de la producción, la inmediatez. Bien es verdad, que ese es su negocio al que se dedican en cuerpo y alma, pero también es verdad que la mayoría de las veces que deciden abordar un acontecimiento de interés mundial, a la hora de ponerse en camino, le faltan clientes que van apareciendo paulatinamente bien porque Reuters o AP no han llegado o porque su planning y booking está completo.

Es decir, Reuters y AP lo que tienen son clientes (en realidad a todas las televisiones del mundo a las que envían su rate card en el momento que surge un breaking news o se acerca un acontecimiento previsto) pero de lo que adolecen es de agilidad y rapidez.

En su momento, hace tiempo, esta nueva vía de negocio fue algo que estudiamos conjuntamente, tanto con Reuters como APTN y que fue muy bien recibida por ambos, ya que en ella todos ganamos. La idea consiste en que trabajamos como socios, nosotros ponemos en marcha la producción y ellos ponen a los clientes, sin que ello sea obstáculo para que ambas agencias continúen con su método tradicional de trabajo. En realidad, estamos sumando más medios de transmisión a la cobertura, medios que, además, llegan mucho antes y comienzan a trabajar de inmediato (nosotros) mientras ellos envían la oferta a su extensa cartera de clientes, que se unen a nuestro operativo una vez estemos preparados para ofrecer el servicio.

1.2 Producción.

Volvamos al proyecto Live/España

La idea es la siguiente. Contamos con una serie de equipos distribuidos por el país.

Estos equipos son.

- **Equipos propios** que trabajan en exclusiva para la agencia, tanto en Madrid como en Barcelona.
- **Equipos propios que se ubican en las delegaciones de Vértice.** Es posible, y hay que contemplarlo, que los equipos que trabajan en la actualidad en las delegaciones no estén disponibles ya que están trabajando para otros clientes, por lo que habría que destinar equipos específicos para el servicio.
- **Equipos de productoras asociadas** que no trabajan en exclusividad, sino en régimen de colaboración. La mecánica de trabajo consiste en el envío de previsiones, la confirmación de la central, situada en Vértice, de la cobertura, la producción de la misma y el posterior pago por ello. Estas productoras saben que en caso de emergencia, no necesitan la confirmación de la central para poner en marcha la producción y que, por tanto, tienen la independencia para producir aquello que consideren importante. Esta independencia les obliga, por otra parte, a estar atentos a todo lo que suceda en su entorno y que sea digno de ser considerado como noticia para Live, de tal manera que no ocurra que la falta de equipos impide servir a los clientes un determinado evento.
- **Equipos de free lance y ciudadanos anónimos** que ante una determinada situación imprevista, toman la iniciativa de recoger la noticia mediante su teléfono móvil y transmitirla en directo a la central. La interacción con ellos se realiza mediante las redes sociales, dándole desde el centro de producción las instrucciones precisas para que el evento pueda producirse en directo. Entre ellas, la necesidad de bajarse un determinado programa que unirá su teléfono móvil con el servidor situado en Madrid. (Proyecto con BT). Hay que estudiar el pago del servicio, la cesión de los derechos universales e ilimitados de reproducción y otros temas legales que puedan ser relevantes. En el caso de que la noticia se convierta en un breaking news, la central toma la decisión de enviar o no equipos propios al lugar de evento para continuar con la producción. Aquí se podría añadir la experiencia de

CNN en incorporar ciudadanos como fuente de noticias en su programa ireporter

- **Señales pool.** Estas son gratuitas y llegan a la central por las vías de comunicación correspondientes, como son la fibra óptica, satélite o microondas. La central las empaqueta, añade información relacionada con el evento, advierte al cliente de la hora prevista de emisión y reporta otra serie de datos. En estos casos, se puede optar por enviar equipos de refuerzo para ofrecer otros ángulos de la noticia. Por ejemplo, en el juicio de “*los trajes*” en Valencia, la señal del juicio es una señal pool, pero la llegada de los acusados a la puerta de los juzgados no tiene cobertura live, por lo que cabe la posibilidad de producirla como valor añadido. Así mismo, es posible que se tome la decisión de enviar equipos de cámara para producir servicios de stand up y envíos (en el ejemplo, a la puerta de los juzgados) para que los clientes personalicen en directo, o envíen sus grabaciones a sus respectivas sedes.
- Por último, tenemos las coberturas internacionales de las que hemos hablado anteriormente, muchas de las cuales son producidas por Reuters (o AP u otras) y por tanto están en nuestro servicio Live. Pero cabe la posibilidad de que desde nuestra central se tome la decisión de enviar equipos de refuerzo, o directamente, *equipos propios* que van a cubrir lo que las agencias internacionales no cubren por ser noticias que no son de interés mundial (imaginemos, por ejemplo, la actividad de la selección española de fútbol en la próxima Eurocopa, o la rueda de prensa del futuro Ministro/a de Economía en un encuentro internacional bilateral)

1.3 Equipos de transmisión

Tanto los equipos propios como los de las productoras asociadas llevan el siguiente equipamiento.

- Cámara digital completa, con salida fire wire y pentapolar para unirse a un enlace.
- Ordenador portátil con sistema de transmisión de ficheros IP Report y sistema de transmisión en directo Live Wire. Wi-fi asociado. Programa de edición Final Cut.
- Modem USB 3G.
- Antena Tooway que permite el acceso a Internet sea cual sea la ubicación del equipo al conectarse vía satélite.



- En algunos equipos, y si consideramos internamente que es lo más conveniente, Mochila Live-U.
- En algunos casos excepcionales, la agencia Live puede abordar coberturas haciendo uso de las DSNG del grupo Vértice.

1.4 Sede central: Equipos de recepción y conexiones.

En la sede central ubicada serán necesarios los siguientes equipos de recepción y conexión

- Dos servidores Live Wire (si finalmente optamos la elección de este sistema, el usado en Cuatro y CNN+) para recepción de los envíos FTP y directos.
- Un servidor de recepción para las conexiones con las mochilas Live U.
- Una antena satelital para recepción del servicio de Reuters (la aporta Reuters)
- Una conexión simplex con Torre España. Puede consistir en un circuito permanente y otra ocasional de reserva.
- Una conexión simplex con el nodal de TSA. Un circuito permanente debe de ser más que suficiente.
- Unión de la central en Vértice, mediante fibra, con el centro de pantallas de la DGT.

Todo esto precisará de un estudio sobre la adecuación del control central de Vértice y de un análisis del personal necesario tanto en el área técnica como en la de contenidos y producción.

Por otro lado, un operador (BT, por ejemplo) ha de participar en el proyecto para asegurar el ancho de banda necesario y la operación técnica.

Por último los clientes han de considerar la necesidad de contar con una línea dedicada de 4Mb para la correcta recepción del servicio, si bien mi opinión y consejo es que deberían de unirse mediante fibra óptica con la sede central en Vértice. (En el caso de FORTA no es necesario que cada TVA se una con

Vértice, ya que con que lo haga el nodal de FORTA en Ventas (Madrid) es más que suficiente, puesto que posteriormente/simultáneamente FORTA puede enrutar el servicio por su red interna (de fibra) hasta cada uno de los centros de producción de sus asociados)

También es posible estudiar otra arquitectura mediante el enlace con Torre España, convirtiéndole en dúplex y dejando el servicio en la torre, con la que todos los operadores están conectados.

2. SEÑALES LIVE EN ESPAÑA

Como continuación al informe de agencias, y conociendo que ninguna de ellas ofrece señales en directo, es el momento de identificar qué tipo de actos, convocatorias y eventos se producen cada día en directo en España, que son susceptibles de formar parte de una oferta interesante y útil para los medios de comunicación, que formase parte de una agencia de noticias LIVE, objeto de este proyecto.

Con el fin de obtener una foto lo más exacta posible, vamos a identificar las posible señales por Localizaciones, más que por contenidos, ya que en el proyecto técnico en estos puntos habría que habilitar una línea de transmisión lo más fiable y segura posible (Internet), más allá de que el medio de transmisión sea mediante la tecnología utilizada en las mochilas o no, ya que en este caso, se utilizaría la red 3G menos fiable. puesto que no asegura un ancho de banda fijo ni una cobertura estable.

Mi experiencia me dice que a pesar de transmitir por 3G, el back up de una línea ADSL fija nos ha evitado cientos de problemas. Si esa línea fuese simétrica mejor que mejor (SDSL; 100 euros mes) ya que asegura una subida de 1Mb/sg, asegurando de esta manera la inalterabilidad de la conexión y la calidad de la misma.

Los puntos a los que se hacía referencia anteriormente son:

PALACIO DE LA MONCLOA.

- Rueda de prensa posterior al Consejo de Ministros.
- Escalinatas de acceso al Palacio, desde donde se produce la foto correspondiente a la recepción de personalidades, y en algunos casos, ruedas de prensa.

SEDE PARTIDO POPULAR c/Génova

- Sala de ruedas de prensa.
- SEDE PARTIDO SOCIALISTA c/ Ferraz**
 - Sala de ruedas de prensa
- SEDE IZQUIERDA UNIDA**
 - Sala de ruedas de prensa.
- SEDE CONVERGENCIA Y UNIO (BARCELONA)**
 - Sala de ruedas de prensa
- SEDE DE PNV (BILBAO)**
 - Sala de ruedas de prensa
- SEDE DE AMAIUR (San Sebastián)**
 - Sala de ruedas de prensa
- SEDE DE CCOO (Madrid)**
 - Sala de ruedas de prensa
- SEDE DE UGT (Madrid)**
 - Sala de ruedas de prensa

- CONGRESO DE LOS DIPUTADOS**
 - Señal Salón de Plenos (Por Torre España)
 - Señal salas de Comisiones (Por Torre España)
 - Patio, entrada y salida de diputados
 - Leones.
- SENADO**
 - Señal Salón de Plenos
 - Puerta de entrada senadores
- ASAMBLEA DE MADRID**
 - Señal Salón de Plenos
 - Sala de Comisiones
- PARLAMENT DE CATALUNYA**
 - Señal Salón de Plenos
 - Salas Comisiones
- PARLAMENTO DEL PAIS VASCO (Vitoria)**
 - Señal Salón de Plenos
 - Señal Comisiones
- PARLAMENTO DE ANDALUCÍA (Sevilla)**
 - Señal Salón de Plenos
 - Señal Comisiones
- PARLAMENTO VALENCIA (Valencia)**
 - Señal Salón de Plenos
 - Señal Comisiones
- PARLAMENTO DE GALICIA (Santiago)**
 - Señal Salón de Plenos
 - Señal Comisiones
- LA BOLSA (Madrid)**
 - Señal en directo de la cotización IBEX desde “*el parquet*”
- DGT (Madrid)**
 - Señal Centro de Pantallas (cámaras seleccionadas por la DGT)
- SERVEI DE TRANSIT (Barcelona)**
 - Señal Centro de Pantallas (cámaras seleccionadas por el Servei)
- CENTRO DE TRAFICO PAIS VASCO (Bilbao)**
 - Señal Centro de Pantallas (cámaras seleccionadas por el Centro)

AYUNTAMIENTO DE MADRID

- Salón de Plenos
- Centro de pantallas de Tráfico (cámaras seleccionadas por el Ay)

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA

- Salón de Plenos
- Centro Municipal de Pantallas de Tráfico (cámaras seleccionadas por el

Ay)

AYUNTAMIENTO DE BILBAO

- Salón de Plenos
- Centro Municipal de Pantallas de Tráfico (cámaras seleccionadas por el

Ay)

AYUNTAMIENTO DE SEVILLA

- Salón de Plenos
- Centro Municipal de pantallas de Tráfico (cámaras seleccionadas por el

Ay)

AYUNTAMIENTO DE SANTIAGO

- Salón de Plenos
- Centro Municipal de pantallas de Tráfico (cámaras seleccionadas por el

Ay)

AYUNTAMIENTO DE VALENCIA

- Salón de Plenos
- Centro Municipal de pantallas de Tráfico (cámaras seleccionadas por

el Ay)

AUDIENCIA NACIONAL (Madrid)

- Señal de Sala de Juicios
- Exteriores: Puerta de entrada (llegada y salida de magistrados, etc)

TRIBUNAL SUPREMO (Madrid)

- Señal Sala de Juicios
- Exteriores: Puerta de entrada (llegada y salida de magistrados, etc)

JUZGADOS PLAZA CASTILLA (Madrid)

- Señal de la Sala donde se celebren los Juicios (los que interesen)
- Exteriores: Puerta de entrada (llegada y salida de comparecientes,)

OTRO JUZGADOS (Sevilla, Valencia, etc.)

- Señal de la Sala donde se celebren los Juicios (los que interesen)
- Exteriores: Puerta de entrada (llegada y salida de comparecientes,

CADENA SER (Madrid)

- Estudio central (invitados política, deporte, economía etc)

CADENA COPE (Madrid)

- Estudio central (invitados política, deporte, economía etc)

ONDA CERO (Madrid y Sevilla)

- Estudio central (invitados política, deporte, economía etc)

RADIO MARCA

- Estudio central (invitados deporte)

DESAYUNOS INFORMATIVOS

- Todos aquellos organizados por instituciones. Muchos de ellos se celebran en el Hotel Ritz de Madrid.

CONFERENCIAS

- Todas aquellas organizadas por instituciones, universidades,

PRESENTACIONES

- Todas aquellas organizadas por distribuidoras, editoriales, productoras, discográficas, etc.

REAL MADRID F.C

- Sala de ruedas de prensa

BARCELONA F.C

- Sala de ruedas de prensa

ATLÉTICO DE MADRID

- Sala de ruedas de prensa

VALENCIA F.C.

- Sala de ruedas de prensa

SEVILLA F.C.

- Sala de ruedas de prensa

BETIS

- Sala de ruedas de prensa

VILLAREAL

- Sala de ruedas de prensa

ATHLETIC DE BILBAO

- Sala de ruedas de prensa

Ferias y Congresos:

Señales pool de conferencias o actos relevantes de las ferias más importantes del país (por ejemplo, la 3GSM de Barcelona y las conferencias de los principales gurús tecnológicos; Cibeles, en Madrid ofreciendo los desfiles en directo...)

Cámaras beauty

En CNN+ se ubicaron 3 cámaras beauty en tres emplazamientos muy característicos: Madrid, Barcelona y Bilbao. Cada una de las cámaras telecomandadas desde la sede central, ofrecía una imagen ininterrumpida de la ciudad (365/24) que se utilizaba para realizar diariamente una animación que mostrase las condiciones meteorológicas que se habían sucedido en cada punto. La señal de cada una de las cámaras se recibía en un servidor de video que realizaba automáticamente la animación, que posteriormente se emitía como continuidad en el canal.

Como dato, la cámara situada en Archanda (Bilbao) permitió que CNN+ diese en directo la explosión de la bomba que ETA hizo explotar en la sede de ETB.

La idea a aplicar en el proyecto que nos ocupa, es instalar cámaras de este estilo (de bajo coste y preparadas para trabajar en la intemperie) en varias ciudades, y mediante líneas ADSL recibir la señal en la sede de Vértice que las enruta a los clientes o bien, realiza las animaciones si así lo quiere el cliente.

La imagen de estas cámaras puede utilizarse para ilustrar la información meteorológica, para presencia en el plató como ubicación de la noticia, o como fuente de información adicional.

3. CLIENTES

El servicio está enfocado hacia dos grandes áreas, sin menospreciar otras líneas de negocio.

En primer lugar, las televisiones que operan en España que reciben un servicio de directo que les permite una reducción de costes y una mejora indudable del servicio de agencia.

Entre ellas, todas aquellas que operan en TDT, sean públicas o privadas.

En segundo lugar las ediciones digitales de los principales periódicos de información general: El País, El Mundo, ABC, Público, La Razón, La Vanguardia, El Periódico. Sin olvidar a los deportivos: AS, Marca, Mundo Deportivo, Sport.

Al respecto del El País, su intención de poner en marcha “EL País TV” proyecto ligado a su edición digital, podría ser una magnífica oportunidad para hacer compatibles ambos proyectos y que se desarrollasen de la mano, ya que la idea que tiene el periódico es ofrecer contenidos no tradicionales enmarcados en un formato no tradicional, en el que el directo podría ser un elemento diferenciador y de valor. Los primeros acercamientos están hechos desde hace unos meses, aunque en los últimos días se han hecho más patentes, por lo que quedamos a la espera de una reunión que comience a definir la colaboración.

4. CONSIDERACIÓN FINAL

Queda por estudiar cuales podrían ser las posibles alianzas. Y en este caso, es casi mejor dejar preguntas en el aire que motiven la reflexión. ¿Deberíamos salir solos al mercado? o ¿deberíamos unirnos con la competencia para que el proyecto Live fuese un servicio exclusivo y de calidad en su oferta de agencia? ¿Son las agencias los mejores socios para la unión?

5. EL MODELO LIVE!: DESARROLLO DEL PROYECTO EN EL PAÍS

A principios del año 2102, LIVE comienza a desarrollar su proyecto innovador para ofrecer a la principal cabecera de España, y una de las más importantes del mundo, EL PAIS, un servicio único con el objetivo de dotar a la edición digital del periódico una serie de contenidos en directo (de ahí el nombre de la empresa, LIVE) fundamentalmente de carácter informativo, para que fuesen publicados en la web del periódico.

Esta propuesta, en el año 2012, era completamente (re) evolutiva respecto a los contenidos en video que entonces se estaban ofreciendo en las webs digitales de los medios de comunicación y periódicos.

Por otro lado, la oportunidad era clara, ya que entonces, y ahora, las cadenas generalistas de televisión estaban (y están) abandonando progresivamente la información en su parrilla, por más que surjan pseudo programas informativos de debate en los últimos tiempos.

EL PAIS, vio con buenos ojos la propuesta, y más después de que el 18 de marzo de ese año, LIVE transmitiese desde múltiples zonas de España una serie de señales en directo, con motivo de la Huelga General convocada para esa jornada, durante más de 16 horas a la página web del periódico, lo que constituyó no solo una experiencia única y pionera en España, sino un gran éxito.

Muchas de las señales que se transmitieron ese día lo fueron con medios de transmisión IP en movilidad, lo que sumó una innovación más a lo que fue la constituyó aquella histórica jornada.

A mediados del año 2012 y hasta la fecha, LIVE sigue produciendo miles de señales en directo para EL PAIS, más de 800 anuales, con una duración media de 75 minutos. Ninguna cadena convencional tiene un ratio parecido en cuanto a la emisión en sus informativos de señales en vivo.



Huelga de Metro en Madrid

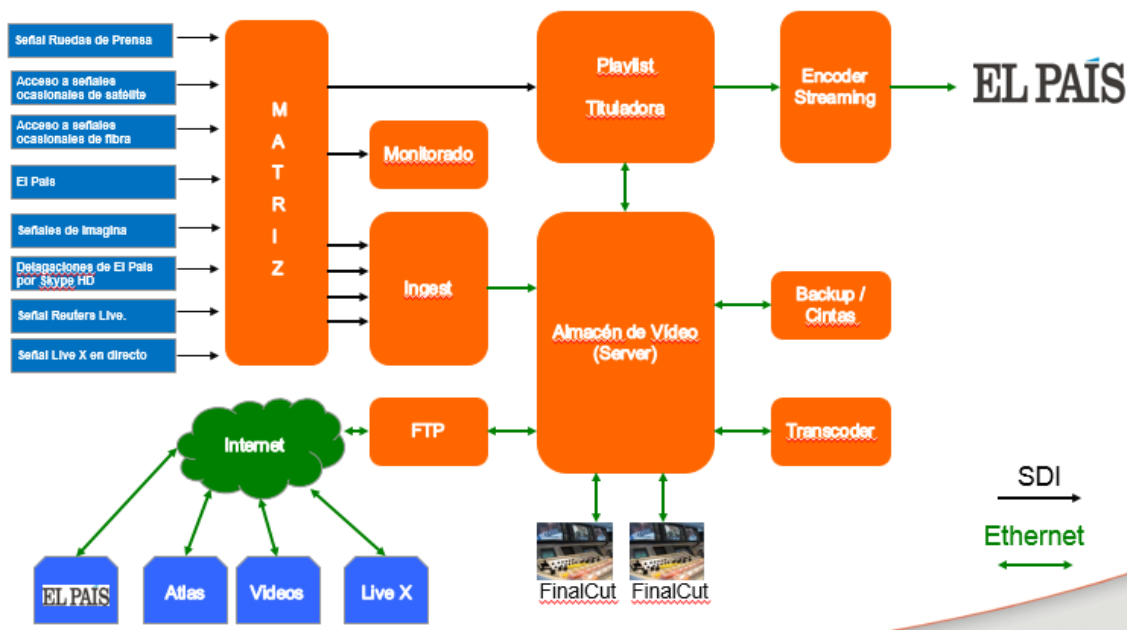
4 ENE 2013 - 10:10 CET

3

Para llevar a cabo el proyecto, LIVE diseñó una arquitectura de producción ad hoc que lo hiciese posible, con unos costes asumibles para un medio digital, tratando de replicar el workflow de una cadena generalista pero a un nivel adecuado al proyecto y con unos costes de operación muchísimo menores.

En realidad, la idea era replicar un telepuerto para bajada de señales satelitales en Ku, muchas de las cuales contienen señales en directo, un MCR más sencillo, que recogiese esas señales satelitales, las que provenían de un Nodal, y las que producía LIVE! con sus medios de transmisión IP. Todo ellas no solo debían emitirse, publicarse en el lenguaje digital web, en un player (ventana de emisión 16:9) en la página del periódico, sino que además deberían ingestarse a través de una Ingesta para digitalizarse y almacenarse en un servidor de video donde los periodistas de LIVE pudiesen editar videos en caliente sobre las señales en directo que se estaban publicando, una enorme ventaja para la web de EL PAÍS, podía contar con esos videos con horas de antelación a su envío por las agencias que el periódico tenía contratadas, las cuales en muchos casos, cubría esas noticias con equipos ENG ara posterior edición de contenidos y envío a los clientes. Por último, un codificador de alta gama realizaba el streaming en varias calidades y para todos los dispositivos al CDN de EL PAÍS.

A esa arquitectura de producción la llamamos la Plataforma Técnica, y su diseño era el que muestra la figura.



Como vemos, la matriz, que hace las funciones del MCR, cuenta con una serie de entradas procedentes del telepuerto y del Centro Nodal, que se encaminan a un panel de monitorado para el control de dichas señales, y a una Ingesta que conduce la señales a su digitalización en un servidor de almacenamiento compartido al que atacan varias estaciones de edición en Final Cut, Por otra parte, un servidor FTP recibe archivos de video procedentes de varias fuentes, fundamentalmente de agencias, videos de ciudadanos, otras empresas de producción y sistemas de transmisión IP, que en esquema se denominan como LIVE X. El PAIS, puede, también, enviar a la Plataforma los contenidos propios que desee para su tratamiento y edición. La salida del server FTP vuelca por Ethernet a al server de video compartido.

Por otro lado, el server de video puede descargar sus contenidos una vez utilizados a cinta de datos, para la generación de archivo, y como back up de los contenidos generados en la jornada de trabajo. Un equipo transcodificador, adecua los distintos formatos y calidades que confluyen a la Plataforma.

Por último, la operación de publicación y streaming pasa en primer lugar por un equipo que genera una playlist o escaleta de contenidos, que permite lanzar los videos desde el server a directo, asi como ir dando paso de un directo a otro, como haría un sistema de gestión de contenidos en una televisión generalista. Un generador de gráficos, sube a emisión la infografía precisa. Para terminar el proceso, el Encoder recoge la señal en vivo que le entrega la matriz para llevar e flujo digital hasta el CDN con el que trabaja EL PAIS, donde finalmente se publica la señal en la web del periódico.

Todo un proceso de trabajo que simula al de una televisión, que cuenta con los mismo equipos, donde la función del Encoder la realiza Continuidad y Control Central y donde periodistas y realizadores atacaban de igual manera un server de almacenamiento compartido. Lo vimos anteriormente en la figura que mostraba el Proceso de Ingesta y Líneas en una televisión generalista.

Los siguientes gráficos nos dan una idea de lo anteriormente expuesto



Playlist/ Playout:

- Realiza la reproducción de la playlist
- Recibe los directos a través de la matriz de Overon
- Se controla por los editores a través de los puestos de edición

Tituladora:

- Inserción de cartones, gráficos, moscas y textos
- Se controla por los editores a través de los puestos de edición

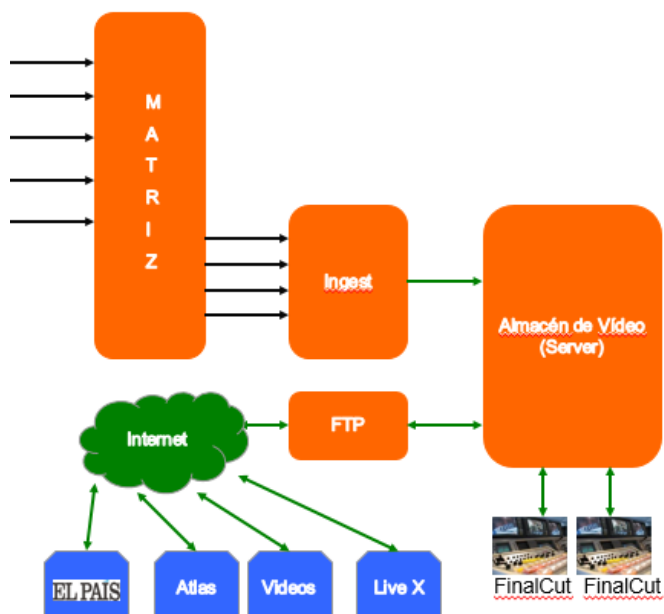
Almacén de video / Servidor:

- Almacén de contenidos del canal
 - Videos ingestados desde la matriz y FTP
 - Videos producidos
 - Cartones y gráficos
 - Playlists
- Gestionado por los editores a través de los puestos de edición



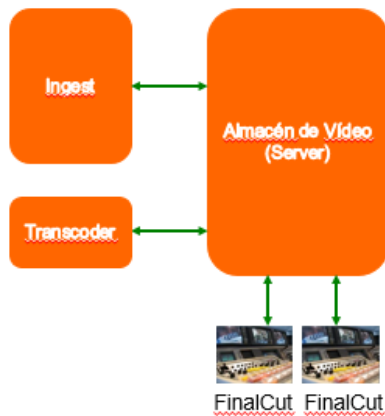
Edición:

- Puesto de Final Cut para editar contenido ingestado
- Puesto para preparar gráficos y cartones
- Puestos conectados por red al almacén de contenidos



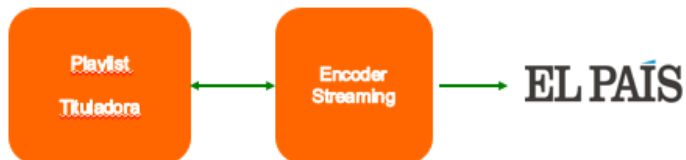
Ingesta:

- Grabación de hasta 4 vías SDI de forma simultánea
- Formato editable y almacén de los contenidos directamente en el almacenamiento de vídeo
- Controlado por los editores a través de los puestos de edición
- Posibilidad de incorporar Videos de proveedores de contenidos que llegan por Internet a través del FTP



Transcoder:

- La plataforma cuenta con un transcoder que permite cambiar el formato de los videos ingestados a través de satélite o por FTP para la edición y la emisión al portal web del El País



Emisión por streaming:

- Overon realizará la codificación y la emisión del canal por streaming a las puntos de ingesta definido por el cliente
- El canal será codificado en formato **Flash** y **iPhone/iPad** , cada una de ellas en tres (3) calidades diferentes.
- La codificación se realizará según las especificaciones (calidad vídeo, calidad audio, resolución, frame rate) definidas por el cliente

► ESTÁ PASANDO > Guardiola, nuevo entrenador del Bayern > Malí > Pulso catalán > Euro por receta > Accidente en Londres > Fallos Boeing > MÁS TEMAS >

DIRECTO  **Obama presenta su propuesta de control de armas.** Sigue en directo la comparecencia del presidente de EE UU, que quiere implantar controles más estrictos en la venta de armas >

f 8 t 6 in 0 g+ 0    Enviar Guardar



DESTACAMOS

POLÍTICA >>
Corrupción y autocrítica

INTERNACIONAL >>
Un helicóptero se estrella en el centro de Londres
TOBY SCOTT (AP)

INTERNACIONAL >>
Tropas francesas rodean Diabali para expulsar a los islamistas

SOCIEDAD >>
Encierro en Honrubia por el cierre de las urgencias rurales

Obama presenta su propuesta de control de armas

6. EL MODELO LIVE!: TRANSMISIÓN DE CONTENIDOS A TRAVÉS DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD

6.1 Descripción técnica – Nuevos sistemas de contribución IP-DSNG

6.1.1 Sobre los equipos actuales

LIVE! cuenta actualmente con varios equipos IP-DSNG de primera generación, con los que está prestando determinados servicios a los clientes y que han servido para adquirir una experiencia operativa y tecnológica fundamental.

Pero la demanda que nos hacen llegar los medios de comunicación, broadcast y digitales en cuanto a innovación, calidad, complejidad del servicio y ajuste de costes, hacen que LIVE! tenga la firme intención de afrontar el reto planteado y componga nuevos equipos encoder/decoder que mejoren y aporten más calidad al proceso y den soluciones a clientes que demandan esta tecnología aplicada a sus estándares de calidad y operación (como por ejemplo transmisiones en HD u otras resoluciones superiores que precisan mayores tasas de transferencia de datos).

6.1.2 Descripción general del nuevo servicio

Las soluciones basadas en IP son ideales para la retransmisión de eventos y contribuciones de audio y video. Las unidades móviles basadas en IP-DSNG's son la alternativa a los sistemas tradicionales de transmisión de video en calidad Broadcast y cuentan con todas las ventajas de movilidad, rapidez de despliegue, adaptabilidad a cualquier tipo de vehículo, además de la versatilidad que ofrece el encaminamiento de las señales IP, mediante la conexión directa simple vía Ethernet a cualquier red.

Las nuevas IP-DSNGs permitirán además la integración de otros servicios que pueden ser transmitidos gracias al entorno IP, como la VoIP y el envío de datos. El estándar de codificación MPEG4 permite reducir drásticamente el ancho de banda de satélite, siendo compatibles con transmisiones de video de alta calidad y en tiempo real.

La incorporación de tecnologías que hagan posible un desarrollo a nivel nacional e internacional de servicios de producción y transmisión *low-cost* con la calidad de servicio adaptada a los estándares de cada tipo de cliente, es determinante en la actualidad.

6.1.3 Innovación del nuevo servicio

Nuestro planteamiento es incorporar equipos de codificación más potentes, más fiables, de mayor calidad y que ofrezcan mayores bitrates para abordar estándares y resoluciones más allá de las ya implantadas en el mercado. Entre ellas se contempla la incorporación de servicios en alta definición o desarrollar la tecnología necesaria para realizar transmisiones en resoluciones 2K y cercanas a 30Mbs.

Las transmisiones por banda Ka representan una gran innovación en el mundo de la producción de contenidos, y el proceso de implementación de esta tecnología en el mercado irá desplazando paulatinamente a las tradicionales por satélite y enlaces microondas, fundamentalmente por los siguientes motivos:

1. **La facilidad de operación.** Un operador puede manejar el equipo de transmisión.
2. **La accesibilidad a puntos de difícil acceso.** Allí donde no llega una DSNG o FlyAway, llega una estación IPDSNG gracias a que los equipos son ligeros y de poco peso.
3. El hecho de **no ser necesario un booking de satélite** para efectuar la transmisión, sino que se trata de un proceso autogestionado.

4. **Los costes de segmento espacial**, muy por debajo de los correspondientes a las bandas K, C y Ku. Esto permite tramos mucho más largos de conexión, incluyendo los correspondientes a la coordinación y preparación previa de la conexión para establecimiento de retornos y puesta a punto de los parámetros de transmisión, algo que asegura la fiabilidad y calidad de la misma.
5. El hecho de que cada día el consumo de video en dispositivos móviles y web crezca exponencialmente es un referente para comprender la importancia que representa la innovación de esta tecnología y la ventaja que ofrecer de **transmitir directamente a los dispositivos a través del CDN**.

6.2 Ventajas del nuevo servicio

La utilización de IPSNG's, supone una serie de ventajas claras sobre las otras alternativas de transmisión expuestas anteriormente:

- **En tiempos** de despliegue. Mejora sensiblemente los tiempos de operación de DSNG y Fly away, por lo que la señal en directo o la contribución de contenidos previamente granados están disponibles para los cliente mucho antes que las tradicionales tecnologías de transmisión.
- **En localizaciones** accesibles o remotas. Donde no llegarían nunca DSNG, por la dificultad o imposibilidad de acceso; donde tardarían varias horas en llegar equipos fly away por el inconveniente que significa transportar hasta el punto de directo las fly cases que contienen los equipos de transmisión; donde nunca transmitirían equipos 3G/4G por falta de red o mala cobertura, las estaciones IPDSNG llegan y emiten contenidos a Internet mediante su conexión satelital en banda Ka.
- **En costes** de la conexión y de la operación. Los costes de segmento espacial son mucho más económicos que las tarifas de capacidad espacial de los satélites convencionales, entre otros motivos porque la conexión se realiza por Internet. Un solo operador maneja los equipos de transmisión lo que abarata los costes de operación.
- **En flexibilidad** en la utilización de las conexiones. El hecho de no trabajar bajo el régimen de booking y la posibilidad de ampliar el tiempo de conexión hacen más flexibles y factibles las transmisiones, algo que demanda el medio broadcast o el cliente digital. Determinar previamente cuanto tiempo va a durar una conexión, como es el caso de las conexiones tradicionales, es un inconveniente para los medios de comunicación. Ofrecer la posibilidad de mantener abierta una conexión en directo durante largos períodos de tiempo, por el mismo coste que supondría transmisiones mucho más cortas por medios tradicionales de conexión, es una enorme ventaja que brinda esta tecnología a los broadcasters, medios digitales, corporaciones y medios institucionales,

que esta forma pueden abordar transmisiones que de otra forma inasumibles por los costes que supondrían realizarlas con las tecnologías de transmisión clásicas.

- **En calidad** de la señal y sin apenas retardo. El hecho de que la innovadora tecnología en banda Ka, que LIVE pretende desarrollar e introducir en el mercado de las telecomunicaciones, garantice un flujo de datos estable durante toda la transmisión, así la posibilidad de transmitir en distintos bitrates y resoluciones, asegura como mínimo los mismos estándar de calidad que ofrece una clásica transmisión por satélite en banda Ku. El retardo generado por la transmisión en banda Ka es apenas perceptible lo que representa un valor añadido a la conexión, permitiendo la interacción entre los presentadores y los corresponsales y/o invitados que se encuentran en directo en la localización exterior. La demanda por parte de los broadcaster de la minoración de los tiempos de delay es una condición indispensable para llevar a término la conexión y para asegurar la calidad y éxito de la misma.

6.3 Comparativa características técnicas y funcionales

Se muestra a continuación un comparativo de las principales funcionalidades de las 4 tecnologías disponibles:

| CONCEPTO | DSNG | FLY AWAY | MOCHILAS 3G/4G | IP-DSNG |
|-----------------------------------|---|---|-----------------------|-------------------|
| Tecnología de transmisión | Satélite banda KU | Satélite banda KU | Redes telefonía 3G/4G | Satélite Banda KA |
| Booking de transmisión | Necesario | Necesario | No es necesario | No es necesario |
| Duración de la transmisión | En bloques de 10' con hora fija de inicio y fin | En bloques de 10' con hora fija de inicio y fin | Sin limitación | Sin limitación |
| Nº Conexiones | Limitado por el bloque de duración | Limitado por el bloque de duración | Sin limitación | Sin limitación |
| Retardo de la señal | <0,5 seg | <0,5 seg | 3-5 seg | <0,5 seg |

| CONCEPTO | DSNG | FLY AWAY | MOCHILAS 3G/4G | IP-DSNG |
|--|--|--|--|--|
| Calidad de la señal | HD/SD | HD/SD | SD | HD/SD |
| Solvencia técnica de la señal | Garantizada por satélite | Garantizada por satélite | Sujeto a capacidad de la red de telefonía | Garantizado el flujo de datos por satélite |
| Riesgo interferencias | Inmune a inhibidores telefónicos y congestión de ancho de banda 3G | Inmune a inhibidores telefónicos y congestión de ancho de banda 3G | Problemas con inhibidores telefónicos y congestión de ancho de banda 3G | Inmune a inhibidores telefónicos y congestión de ancho de banda 3G |
| Entrega señal multidispositivo | No disponible | No Disponible | Punto-punto para salida a programa o edición CDN | Punto-punto para salida a programa o edición CDN |
| Localización/ Transporte del equipo | Portabilidad limitada por furgoneta | Portabilidad sencilla, pero peso considerable de los equipos. Necesidad de vehículo de transporte. Acceso a localizaciones complejas | Portabilidad sencilla. Acceso a localizaciones complejas | Portabilidad sencilla. Acceso a localizaciones complejas. Peso ligero de los equipos, facilidad de transporte, incluso en moto |
| Retorno de comunicación | Satélite | Satélite | Delay/retardo a medida que aumenta la calidad de la señal. Dificultad para interacción con | Nula latencia de la transmisión: interacción en directo con presentadores en estudio |

| CONCEPTO | DSNG | FLY AWAY | MOCHILAS 3G/4G | IP-DSNG |
|------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | | | presentadores en estudio | |
| Costes conexión | Es el método más caro | Coste similar a DSNG | Ahorro entre un 20% sobre DSNG | Ahorro entre un 20-70% sobre DSNG |

6.4 Comparativa de costes

El coste de las retransmisiones vía DSNG depende del satélite que se utilice pero es de unos 2,5 euros el minuto en España. Además, hay que contar con el servicio del alquiler de la unidad móvil, cuya disponibilidad en exclusiva cuatro horas al día cuesta unos 21.000 euros al mes.

Una conexión puntual de 10 minutos mediante conexión DSNG tiene un coste que ronda los 800 euros en España, y más del doble en cualquier país de la Unión Europea. Durante ese tramo de 10 minutos se han de realizar los ajustes técnicos de la transmisión, establecer los retornos de audio y proceder a la conexión en directo dentro del programa. Cualquier inconveniente significa *tirar* la conexión, o si no solicitar ampliación de horario, algo que no siempre es posible y que incrementa los costes de operación de la DSNG y el segmento espacial. Una conexión de 30 minutos tiene un coste superior a los 1.000 euros, o que limita enormemente la capacidad de adquisición de los clientes.

Transmitir con una máquina 3G/4G hacia un servidor con un servidor de recepción disponible 24/7, está en torno los 3.000 euros al mes, a los que hay que sumar el coste de los 7 módem o tarjetas SIM, una media de otros 1.200 euros mensuales. La retransmisión, a diferencia de una unidad móvil, no tiene coste. Todo lo anterior supeditado a la cobertura en cada punto, y con un delay que no impide una interacción aceptable para el espectador.

Transportar una fly away a Canarias, por ejemplo, tiene un coste por sobre peso en el avión de 6.000 euros, más los costes de operación que está en torno a los 3.000 euros, a lo que hay que sumar también el coste del vehículo y grupo electrógeno que alberga los equipos durante la cobertura que rondaría los 400 euros. Un total de 10.000 euros por un par de días de operación en Canarias.

En la tabla mostrada a continuación, se muestra una comparativa de las tarifas de algunos de los principales servicios prestados con las IP-DSNG's de LIVE!, así como la disminución de costes prestados por una DSNG tradicional:

TARIFAS LIVEKAST 2013
Señales en DIRECTO, servicios de STAND UPs, PLAYOUTs



| Producto en el mercado | TARIFAS LIVEKAST | | Disminución costes/minuto sobre competencia |
|---|--------------------|-----------------------------------|---|
| DIRECTO (Stand Up) | 550€ | 20 minutos | 63% |
| Ampliación DIRECTO | 100€ | 5 minutos | 66% |
| 2º Directo en misma ubicación distinta franja horaria | 250€ | 15 minutos | 72% |
| PLAY OUT | * 150€ | 15 minutos | 72% |
| PLAY OUT con desplazamiento dedicado | ** 350€ | 20 minutos | |
| Ampliación PLAYOUT 5' minutos | 50€ | 5 minutos | 60% |
| Señal Directo limpia (1 cámara x 1 hora) | 500€ | 1 hora | 20% |
| Unidad Directos LIVEKAST en exclusiva (1 jornada 8 horas) | 700€ | 1 hora segmento espacial incluida | 22% |
| 1' minuto segmento espacial 6 Mhz | 1€/minuto a 3 Mbs | | 71% |
| 1' minuto segmento espacial a 9 Mhz | 2€/min a 6 Mbs | | 55% |
| 1' minuto segmento espacial HD a 18 Mhz | 4€/minuto a 12 Mbs | | 50% |

* con desplazamiento menor a 100km (i+v) o desde dispositivo directo ya desplazado en el lugar de la noticia por LIVE!

** con desplazamiento dispositivo dedicado a más de 100km (i+v).

6.5 Descripción técnica de los nuevos modelos

Planteamos un escenario de producción sustentado en cuatro nuevos modelos de estaciones IP-DSNG distintas y orientadas a diferentes servicios y clientes.

Todas nuestras estaciones estarán carrozadas en pequeños vehículos, en los que se incluirán los siguientes **medios técnicos**:

- Equipo de transmisión a satélite en banda Ka, antena fijada al techo del vehículo pero que pueda ser convertida fácilmente a fly away para su ubicación en zonas de difícil acceso. (Ver imagen adjunta)
- VoIP para coordinación y retorno de audio IFB
- Equipos de codificación, modulación y amplificación.
- Grupo electrógeno
- Conectividad RF con el equipo de cámara para mayor operatividad y movilidad del equipo

- Cableado.
- Estación portátil de edición no lineal.



Estación IPDSNG tipo

A continuación se expone con detalle la descripción de cada una de las cuatro tipologías planteadas:

1. Unidades IP-DSNG punto a punto SD (Incluye 3G/4G)

Las IPDSNG punto a punto cumplen con los tres requisitos que demandan los clientes broadcast:

- Rapidez
- Accesibilidad
- Economía

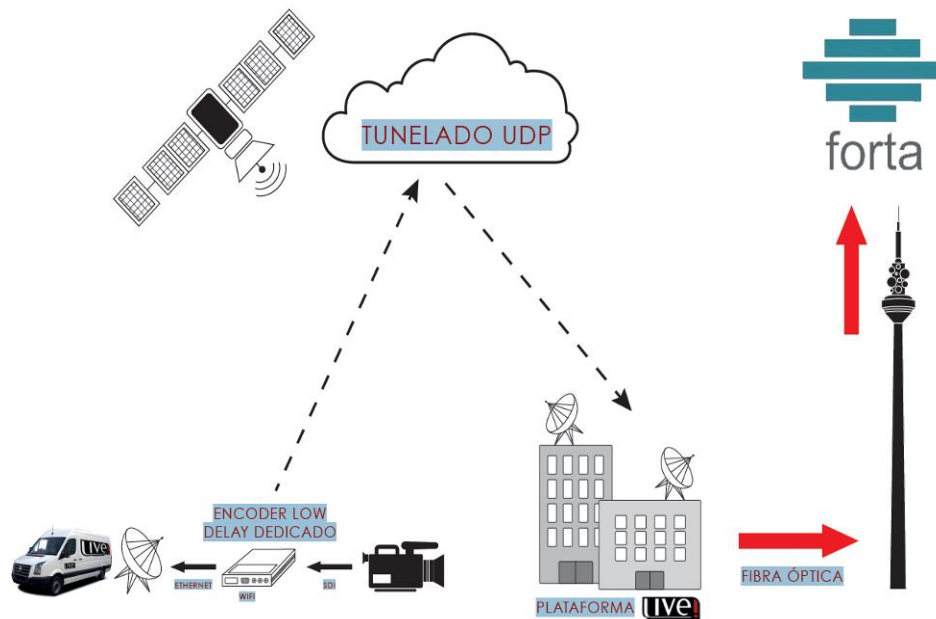
Se componen de los medios técnicos descritos anteriormente a los que hay que añadir un equipo de cámara ENG con operador de cámara que hace posible la captación de la imagen para su posterior envío a través del satélite Ka.

La operación implica dos modelos.

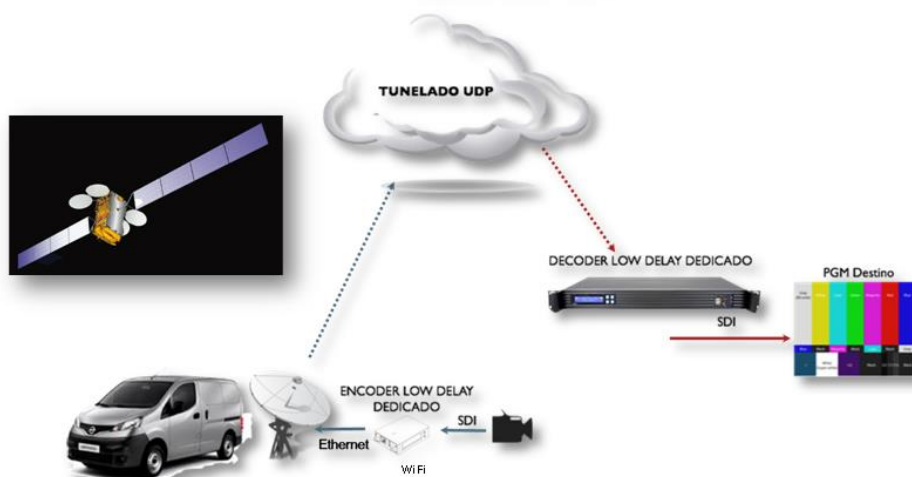
- Recepción de la señal en el telepuerto de LIVE* que contará con decodificadores en banda Ka. Una vez recepcionada la señal se enruta automáticamente al Centro Nodal correspondiente para ser entregada al cliente broadcast correspondiente.

Como ejemplo, la recepción de señal producida con la estación IPDSNG punto a punto y destinada a una de las televisiones integrantes de FORTA (o todas) Una vez recepcionada en la plataforma de LIVE se entrega al Centro Nodal correspondiente para

que FORTA la haga llegar a la televisión autonómica destinataria a través de su red.



- b. *Recepción en el Control Central (MCR) del cliente broadcast.* En este caso, LIVE instala un decodificador en el MCR del cliente para la recepción de la señal. LIVE puede operar en remoto esta recepción si el cliente lo desea. La salida SDI del decodificador entrega una señal de video para que el cliente broadcast opere con ella como considere oportuno.

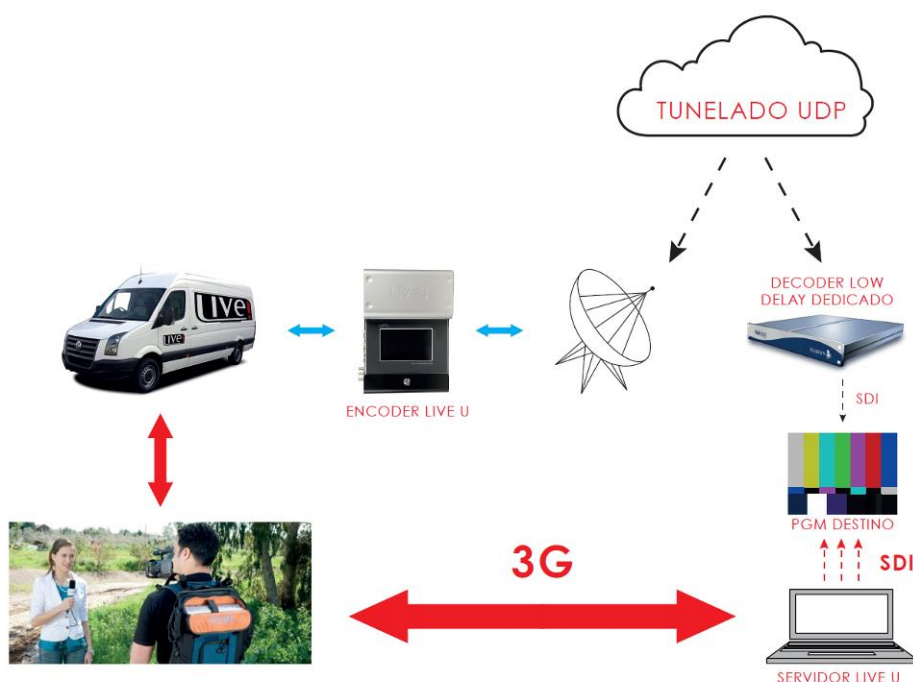


Dentro esta categoría, incluimos las **Unidades IPDSNG/3G-4G**. Consideramos la integración en unidades IPDSNG transmitiendo en Banda Ka de la tecnología LIVE U. El hecho de contemplar esta integración significa una autentica

innovación en el campo de las telecomunicaciones porque reúne en una misma estación de transmisión las últimas tecnologías en el ámbito de la transmisión.

La máquina LIVEU sería utilizada en las coberturas de la siguiente manera:

- Como Encoder de la transmisión en banda Ka. La aplicación LIVEU se instala en un server en el MCR del cliente broadcast.
- La máquina LIVE U trabaja en modo 3G enviando señal desde el momento que la estación sale de la base hasta que trabaja como Encoder para Ka. Esto significa que el cliente broadcast puede emitir señal con mucha antelación adelantándose a la competencia. De tal manera que cuando la estación IDSNG llega al punto de directo, y mientras se preparan los equipos de transmisión en Ka, el equipo está enviando señal al MCR del cliente.
- En el hipotético e improbable caso de que la conexión a satélite se cayese, el equipo puede seguir transmitiendo a través de 3G-4G



2. Unidades IP-DSNG para operaciones directamente a CDN

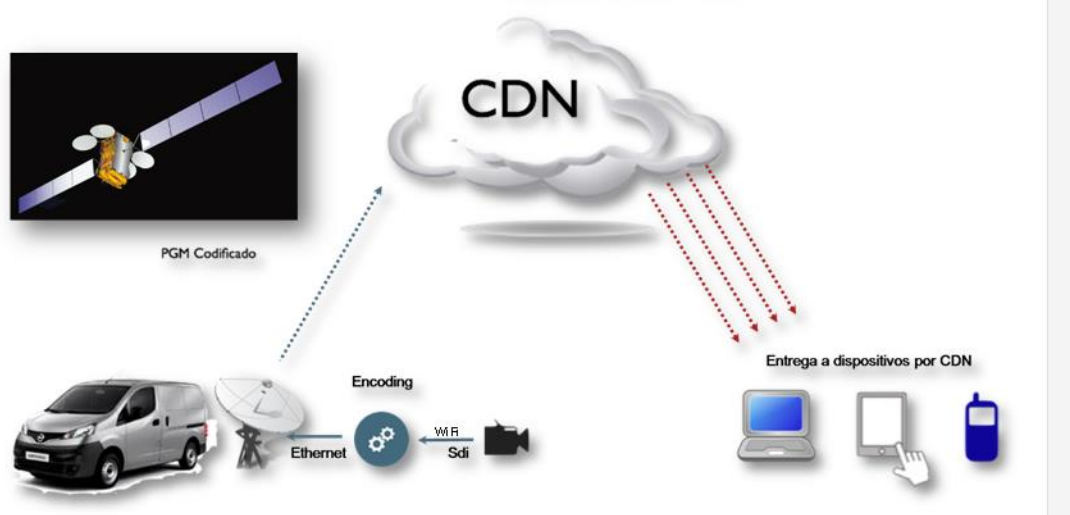
Este modelo se orienta a medios digitales, corporaciones, empresas e instituciones que desean publicar en sus páginas web contenidos en directo.

Estas estaciones están orientadas para proporcionar este servicio a este tipo de clientes. La diferencia en cuanto a operación respecto a la misma producción con los medios tradicionales es muy acusada.

El workflow tradicional implicaba la utilización de una estación DSNG que debía ubicarse convenientemente en la localización para transmitir al satélite en banda Ku situada en una determinada posición orbital, lo que a veces no era posible. Esto acarrea una ubicación de la DSNG más alejada del punto de directo, e incluso la imposibilidad de transmitir por no alcanzar la visibilidad deseada. En esos casos, era necesaria el concurso de una estación fly away con los costes y dificultad de operación reseñados con anterioridad. Una vez realizada la transmisión, la señal debía de bajarse en un telepuerto que tuviese capacidad de recepción Ku para efectuar el consiguiente streaming al CDN correspondiente.

Las estaciones IPDSNG que transmiten directamente al CDN permiten eliminar algunas de las operaciones anteriores. Los equipos de transmisión de la unidad permiten acceder al punto de publicación del CDN con lo que el medio digital publica la señal en directo en su página web. La sencillez del proceso permite eliminar costes de operación respecto al medio tradicional. El hecho de transmitir a través de la banda Ka reduce asimismo y significativamente los costes de capacidad satelital en relación al modelo clásico.

El hecho de que las unidades IPDSNG permitan convertir las antenas de transmisión instaladas en el techo de la unidad, en ligeras fly aways IP/Ka, posibilita la fácil ubicación de las mismas en puntos de la localización que permita ver el satélite, como por ejemplo la ubicación de la antena en un punto determinado para transmitir a través de una ventana situada en uno de los plantas del local donde se celebra el evento.



3. Unidades IPDSNG multicámara

Este modelo de estación incluye una serie de medios de producción de última generación que permiten unificar y replicar en un pequeño vehículo lo que es una unidad móvil de producción clásica unida a una DSNG.

La innovación que representa este modelo es considerable. Los medios de producción que forman parte de la unidad IPDSNG son:

- a. Equipo Tricaster para realización multicámara. Se trata de un equipo ligero que permite la realización profesional de cualquier tipo de evento con varias cámaras, generación de grafismo, efectos digitales e inserción de croma key. Incluye Intercom para comunicación interna, coordinación y órdenes.



- b. Equipo para repeticiones 3play. Este dispositivo permite la repetición de varias fuentes de video presentes en la unidad Tricaster, lo que le hace especialmente operativo para realización de deportes y espectáculos. Equipo ligero de sencilla operación.



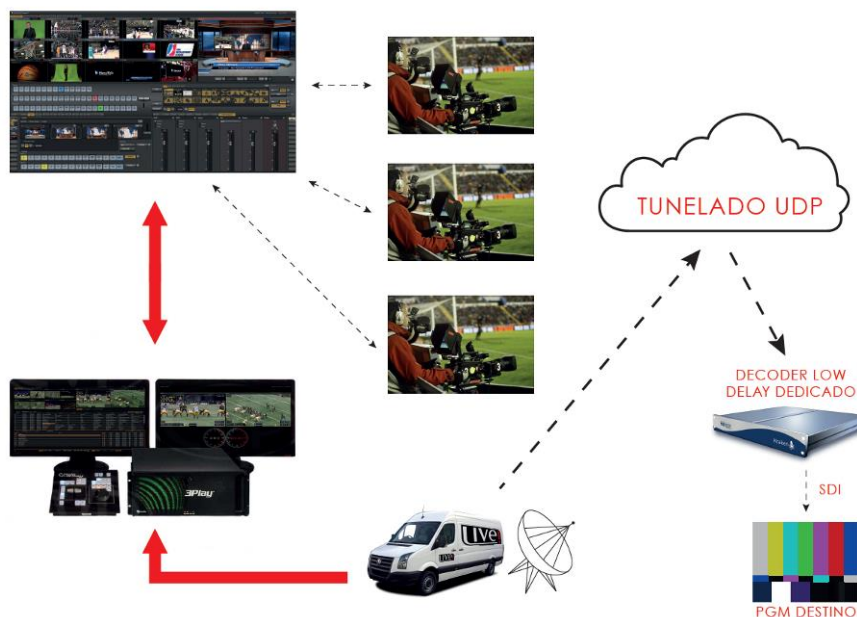
- c. Equipos de transmisión punto a punto o a CDN en banda Ka.

La salida de programa del equipo Tricaster se envía a los equipos de transmisión en banda Ka, que llevan la señal al cliente broadcast o al CDN del medio digital.

La reducción de costes de operación, así como los relacionados con el personal técnico son especialmente significativos si los comparamos con los correspondientes a los medios de producción tradicionales. La rebaja de costes puede estar en torno al 70% en toda la cadena de producción y transmisión.

El flujo de trabajo en cuanto a la transmisión es el mismo que el descrito en el modelo IPDSNG punto a punto, o en el desarrollado de la IPDSNG al CDN, para el caso de que el cliente sea un medio broadcast o un medio digital.

La facilidad de operación, así como el hecho de que los equipos de producción puedan situarse en el interior del vehículo o desenracarse para su ubicación dentro del pabellón o estadio, incluidos los medios de transmisión, introducen un nuevo concepto e innovación tecnológica en lo referente a la producción en vivo de contenidos multicámara.



4. Unidades IPDSNG en HD

Ciertos clientes y coberturas demandan transmisiones en HD. Este tipo de transmisiones llevan consigo unos costes de operación, transmisiones y segmento espacial muy elevados si entran en los juegos los medios tradicionales de producción.

Las estaciones IPDSNG HD ofrecen una solución a todos los niveles, tanto desde el punto de vista económico como de calidad del servicio, ya que permiten transmitir a bitrate coincidente con los estándares aplicados en Alta Definición.

La tecnología y Encoder en banda Ka admiten flujos a 10/12 Mbs, tasa de datos necesaria para HD.

El workflow es el mismo que se aplica a las transmisiones punto a punto de tal forma que o bien la recepción se realiza en la multiplataforma LIVE o en el MCR del cliente.

Todo ello permitiría al cliente broadcast utilizar las transmisiones en banda Ka HD para las señales de back up o reserva de eventos que precisan redundancia, como por ejemplo retransmisión de eventos deportivos, taurinos o espectáculos diversos. La seguridad que la transmisión en banda Ka asegura un flujo de datos a 12 Mbs garantiza al broadcaster la posibilidad de conmutar a la señal de reserva con todas las garantías.

6.6 LIVE! : EL ÚLTIMO DESARROLLO

Los últimos avances en transmisiones por la red que Live! ha llevado a cabo, han significado un importante progreso en varios aspectos relacionados con las tecnologías puestas en valor en la cadena de producción.

Así, la integración de LIVE U con Eutelsat Kasat ha sido determinante para que se produzca una mejora significativa en la calidad y estabilidad de la señal.

El desarrollo y la implementación de las redes 4 G han sido también concluyentes en el impulso de la tecnología

Ahora el Encoder en la transmisión es el equipo LIVE U, el cual junto a la Banda Ka, realizan un balanceo de carga de tal manera que el sistema decide cual es el camino más eficiente para transmitir la señal. Este balanceo de carga reparte el procesamiento entre los equipos implicados en la transmisión, el Encoder LIVE U y el módem Ka.

Así, en una determinada localización el equipo compuesto por el equipo LIVEU trabajando en bonding con su modem que cuenta, además con una entrada Ethernet que es ocupada por el módem de la antena Ka. De tal manera que la conexión satelital suma un flujo de datos al sistema, comportándose como un módem más del dispositivo LIVE U pero con la categoría de Premium, ya que puede estar sumando al sistema hasta 6 Mbps, con lo cual el bonding de todos los módem puede alcanzar un bitrate de cerca de 12 Mbps. En este caso, la

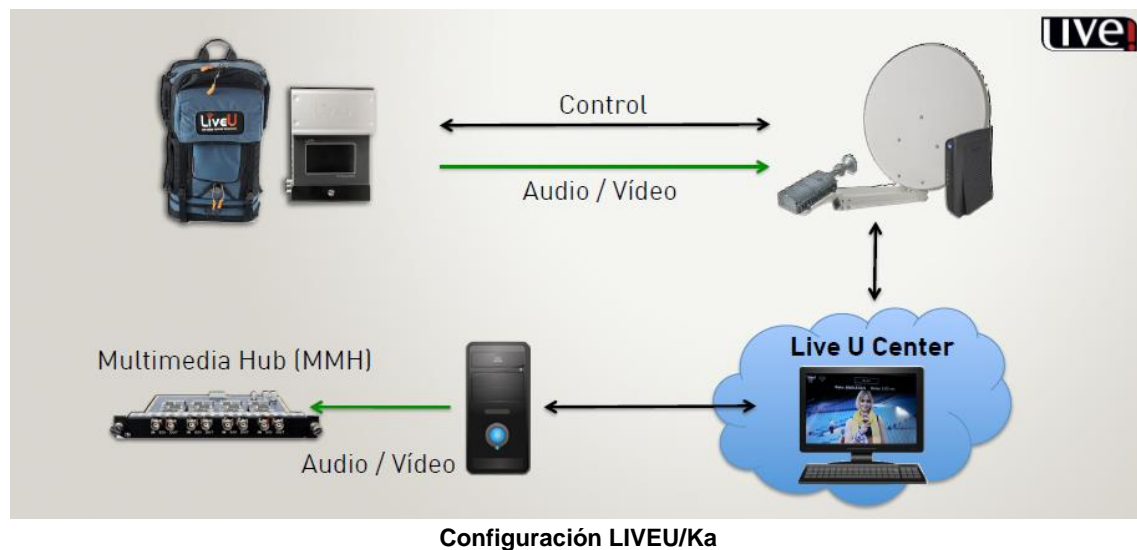
señal en forma de paquetes viajan por los distintos nodos de Internet hasta llegar al server RX de recepción en el MCR de la televisión. Delay o retardo en la conexión menos de 2 segundos.

En el caso de que la localización no tenga una buena cobertura 4G, el sistema determina que el camino más eficiente es el satélite Ka y la señal sube al satélite, entrando en juego el módem en Ka y sumando el bitrate que produce el bonding de los módem en el terminal LIVE U por pequeño que este sea. Bitrate de 8 Mbps en condiciones muy desfavorables de cobertura.

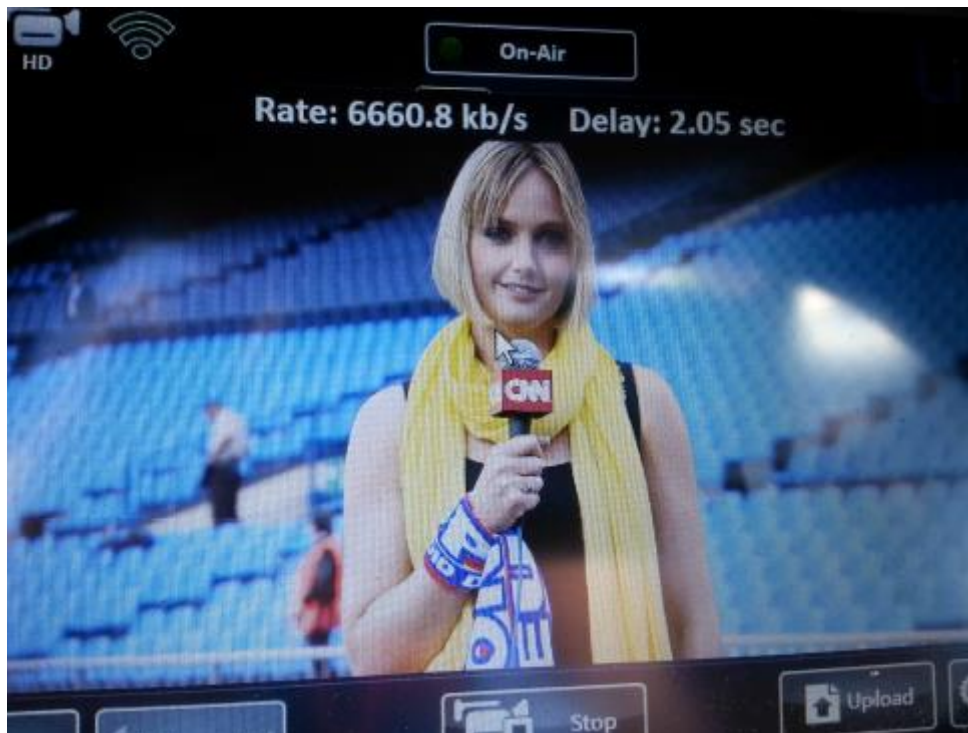
No olvidemos, que el satélite Ka, en realidad, proporciona una conexión a Internet bidireccional, con una velocidad de datos de bajada, que se entregan al terminal LIVE U en el primer caso expuesto, y con una velocidad de subida a la que se suma lo que aportan los módem que están en el terminal LIVE U.

El acuerdo con Eutelsat, permite que la subida y la bajada no sea Best Effort (mejor esfuerzo que viene a decir que se obtendrá el mejor bitrate posible dentro de las posibilidades) sino con un flujo de datos constante en la ventana de trabajo, lo que significa que al contratar una ventana de 6 Mbps durante 15 minutos, el flujo de subida será de 6 Mbps durante los 15 minutos, que es el tiempo mínimo de trabajo en Eutelsat Ka-sat.

Las unidades IP DSNG de LIVE! trabajan con esta configuración.



Los resultados son muy satisfactorios



Esta configuración permite, salir desde puntos donde una DSNG no llegaría jamás. El tamaño de la antena unida a un pequeño terminal LIVE U posibilita cobertura como la de la imagen izquierda de la anterior imagen que se transmitió desde un balcón de la misma plaza, como vemos en la siguiente imagen, banda Ka codificando con LIVE U , bitrate 10 Mbps, 200K personas en la plaza, son cobertura 4G por aglomeración de terminales de telefonía móvil accediendo a la misma celda. Horas de transmisión de la señal para la agencia Reuters para su servicio mundial de señales en directo, Reuters LIVE, 4 horas. Sin incidencias.



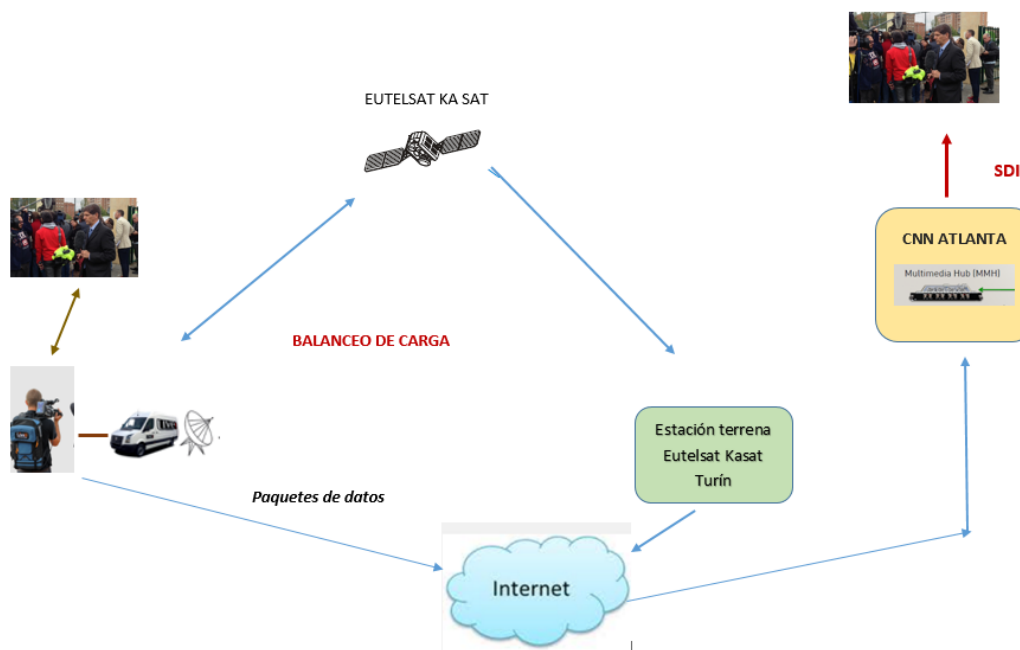
Cobertura manifestación Podemos 31 enero de 2015 en la Puerta del Sol. Señal en directo para la agencia Reuters.

El ejemplo que mejor define las ventajas de esta tecnología y con el que finaliza este trabajo es el servicio de transmisión que LIVE! produjo para CNN Internacional y Doméstico con motivo de la crisis del ébola en el hospital Carlos III de Madrid donde estuvo ingresada durante varias semanas la enfermera Teresa Romero.

CNN a través de su corresponsal en Madrid, se puso en contacto con LIVE! para la cobertura en directo de esta noticia que fue portada en todas las cadenas nacionales e internacionales.

Como CNN trabaja con LIVE U en EEUU, en su MCR en Atlanta y en su MCR en Londres, hay instalados servidores LIVE U de recepción. Esto facilitó la operación, ya que nuestros equipos podían transmitir hacia estos servidores sin más que configurar los terminales LIVE U a NTSC, si la transmisión era hacia Atlanta, como así fue.

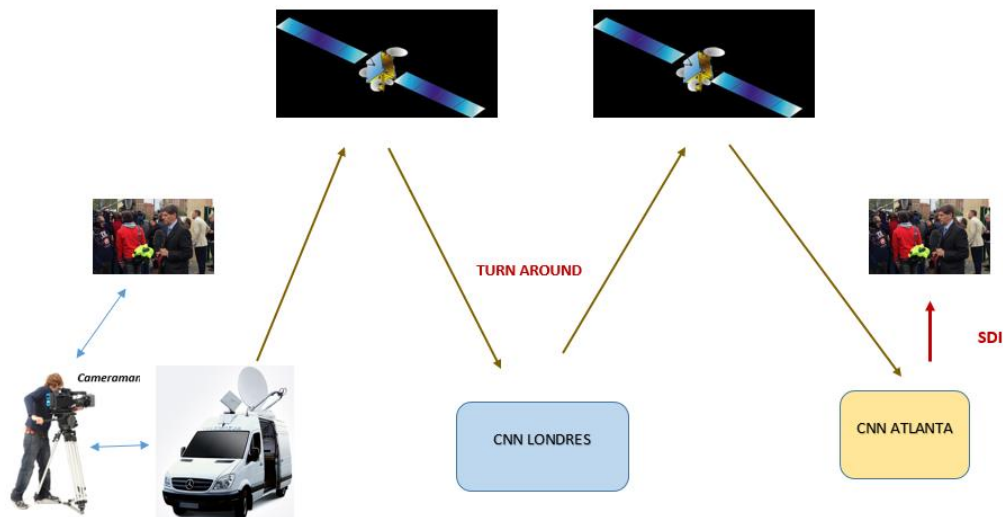
La configuración de la transmisión fue de la siguiente forma:



Transmisión para CNN Atlanta desde el Hospital Carlos III de Madrid

Durante un par de semanas, con horarios de operación desde la mañana a la noche, se transmitió con esta arquitectura hacia el server de CNN en Atlanta. Fueron más de 125 horas en directo, con señal en HD, con bitrate superior a 10 Mbps. Sin ninguna incidencia. El ahorro de costes para CNN fue extraordinario. El coste para LIVE, más allá del coste de personal de operación, fue el de consumo de datos de los módem y las ventanas a 6 Mbps en Eutelsat Kasat, cuyo coste es un 80% inferior al correspondiente coste en Ku.

Para poder evaluar lo que significa la (re)evolución de este tipo de transmisiones, el siguiente croquis indica cómo debía haber trabajado CNN con los medios tradicionales



Transmisión para CNN Atlanta desde el Hospital Carlos III en banda Ku.

Este esquema de transmisión en directo con los medios tradicionales hubiese supuesto para CNN un coste mucho mayor, y máxime si consideramos las 120 horas que duró el servicio y que además hubiese sido necesario, posiblemente un doble salto o turn around en Londres porque la huella del primer satélite no hubiese llegado a Atlanta. En realidad este salto al segundo satélite se habría producido a través de un transpondedor en permanencia de CNN cuyo fin es unir Atlanta y Londres de forma permanente 24/7 o mediante una fibra óptica monomodo punto a punto, submarina, que une ambos Centros de Producción. Sin embargo, los costes de segmento espacial en HD en el primer satélite y el de operación DSNG hubiesen sido extremadamente elevados para 120 horas de operación, pero....

... ¿hubiese CNN transmitido 120 horas desde Madrid con los costes asociados a este sistema o las transmitió precisamente porque confió en las ventajas y beneficios de las nuevas tecnologías de transmisión?

Ahí queda la pregunta,

CAPÍTULO TRECE:

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Del estudio general de este trabajo podemos obtener las siguientes conclusiones

Conclusión primera. Para seguir el discurso narrativo de esta tesis es imprescindible conocer y comprender una serie de conceptos técnicos.

Conclusión segunda Estos conceptos son el soporte ideal para que los profesionales de los equipos de Producción los apliquen a la operación diaria, gracias a lo cual pueden alcanzar la optimización de los recursos.

Conclusión tercera Las redes de radioenlaces conforman un entramado en el cual se sustenta el intercambio de contenidos entre televisiones y compañías asociadas.

Conclusión cuarta Los Centros Nodales son complejos de comunicación imprescindibles para el tránsito de señales broadcast.

Conclusión quinta. Es posible introducir nuevas tecnologías de transmisión en estos Centros que reemplacen a los medios convencionales de transmisión, lo que rebajará costes de operación.

Conclusión sexta. La eficacia, fiabilidad y seguridad de los enlaces microondas, representativos de la tecnología de transmisión a través de radioenlaces, los convierten en especialmente adecuados para enlazar puntos de interés recurrentes y fijos con el Centro Nodal o el Centro de Producción

Conclusión séptima Los satélites en banda Ku, han de seguir presentes en la cadena de producción, siendo especialmente indicados para contribución y distribución de señales de gran valor, tanto en el sentido del interés del contenido que transportan como en el que representa la estimación de los costes de producción aplicados al evento que se transporta.

Conclusión octava. Sin embargo esta estimable tecnología de transporte de contenidos por satélite en banda KU, puede ser complementada por sistemas de transmisión innovadores que se apoyan en las nuevas tecnologías, tales como Banda Ka con codificación LTE 4G e incluso en determinadas condiciones de cobertura de telefonía móvil, por sistemas de transmisión de transmisión basada en bonding de modem 4G, como por ejemplo, LIVE U.

Conclusión novena. El nuevo escenario, obliga a rediseñar la sala de Control Central, en la cual se han de introducir nuevos equipos de recepción –y transmisión- como son los servidores, los cuales han de contar con una línea que satisfaga un bitrate superior al que consigue el equipo de emisión que transmite hacia él. A medida que las nuevas tecnologías de transmisión, como Banda Ka, banda KU IP y LTE4G el número de servidores de recepción serán más numerosos en el MCR.

Conclusión décima. El hecho de trabajar con estos nuevos sistemas permitirá construir enlaces bidireccionales, dúplex, con localizaciones remotas, como por ejemplo las delegaciones y corresponsalías una cadena de televisión con una reducida inversión, sin importar la distancia a la que se encuentren del MCR. Lo que ahora, con las tecnología de transmisión tradicionales, es extremadamente costoso

Conclusión decimoprimer. Esto posibilita que el Centro de Producción pueda enviar contenidos audiovisuales a sus delegaciones, como por ejemplo, imágenes de archivo, para completar las ediciones o postproducciones que están produciendo en las corresponsalías. Este ejemplo, poder ser aplicado a múltiples funcionalidades.

Conclusión decimosegunda. La introducción de la banda Ka como servicio de conectividad y Banda Ancha en zonas geográficas que necesiten más flujo de datos o conexiones a Internet que no pueden satisfacer las redes terrestres, es una oportunidad para utilizarla como canal de comunicación y transmisión de contenido para televisión.

Conclusión decimotercera. Una de las ventajas de la operación en banda Ka es el reducido tamaño de las antenas y la sencillez de los equipos asociados, lo que la convierte en un medio de transmisión de fácil transporte y fácil operación.

Conclusión decimocuarta. Los servicios profesionales de video a través de Banda Ka, aseguran un bitrate constante durante la transmisión de video, pudiendo alcanzar flujos de hasta 10 Mbps.

Conclusión decimoquinta. La tecnología en banda Ka es especialmente adecuada para señales de reserva de las transmisiones en banda Ku.

Conclusión decimosexta. La tecnología en banda Ka, por su sencillez de operación y el tamaño de equipos y antenas, es especialmente indicada para configurar la estación en modo Fly Away.

Conclusión decimoséptima La banda Ka es especialmente útil para acceder a localizaciones remotas a las que no podrían acceder los sistemas tradicionales.

Conclusión decimoctava. La integración de la banda Ka con los equipos LIVE U, dota al sistema de una especial resistencia a pérdidas de cobertura, configurándole a a estructura formada por la combinación de ambas tecnologías de una especial fiabilidad, eficiencia y seguridad, alcanzado bitrate superior a los 10 Mbps (HD)

Conclusión decimonovena. La rebaja de costes que significa trabajar con los nuevos sistemas convierte en especialmente atractiva la oferta de operación.

Conclusión vigésima. Los medios y compañías Broadcast deben de dar el paso hacia la integración de los nuevos sistemas de transmisión en su cadena de producción.

Conclusión vigesimoprimera. Organismos oficiales como la federación de televisiones locales de Cataluña, la Xarxa, comienza a sacar sus concursos públicos de contratación de servicios de transmisión en estos nuevos sistemas de transmisión, como vemos en la figura.

[XAL](#) > Perfil del contractant > Llistat d'anuncis de contractació

Anuncis de contractació

[> Instruccions internes de contractació](#)
[> Anuncis de contractació](#)
[> Anuncis d'adjudicació](#)

Objecte del contracte

SERVEIS D'UNA ESTACIÓ TRANSPORTABLE (DSNG) HOMOLOGABLE AMB SATÈL·LIT NO HISPASAT EN BANDA KA AMB BONDING 3G/4G I D'UNA ESTACIÓ TRANSPORTABLE (DSNG) HOMOLOGABLE AMB EL SATÈL·LIT HISPASAT EN BANDA KU IP

Tipus de procediment

Negociat amb publicitat

Data límit de presentació d'ofertes

09/10/2015

Número d'expedient

[Llegir-ne més](#)

Pàgina 1 de 1

Ese anuncio de contratación de Xarxa ha sido posible porque en el anterior concurso público, LIVE! ofreció la señal de reserva de las transmisiones en banda KU, en banda Ka con codificación LTE 4G. Xarxa evaluó al final de la adjudicación, los beneficios que ofrecía el nuevo sistema, así como la calidad de la señal de reserva, por lo cual este nuevo anuncio de contratación elimina la posibilidad de transmitir en banda Ku. Xarxa ha dado el paso, que deben de dar los Broadcaster.

Conclusión vigesimosegunda. La combinación de más capacidad de cobertura, y con ella, de generación de contenidos con rebaja de costes de operación es una paradoja que se ofrecen los nuevos sistemas de transmisión en Ka, LTE 4G y KU IP.

Conclusión vigesimotercera. La producción de señales pool son una nueva línea de negocio para las compañías de producción y transmisión de contenidos. La aplicación de los innovadores sistemas de transmisión a la producción de este tipo de señales de interés común posibilita la inversión de recursos en la producción de los mismos. Trabajar con equipos Ka con codificación LTE 4G, con la ligereza que caracteriza a sus equipos, permite un acceso veloz a los puntos de interés informativo. La dimisión del Ministro de Justicia Ruiz Gallardón la sirvió LIVE! como señal pool a la mayoría de las cadenas de televisión. Los equipos de transmisión convencionales, como las DSNG en banda Ku, no llegaron a tiempo. LIVE! produjo la señal con un sencillo equipo LIVE U 400 operado por el propio operador de cámara.



Conclusión vigesimocuarta. Las nuevas ventanas de emisión, como son las website y televisiones conectadas, debido a la dificultad de monetizar los contenidos audiovisuales mediante los ingresos publicitarios, necesitan que las compañías de producción estudien nuevas arquitecturas que emulen a las presentes en las cadenas de televisión, pero con unos costes infinitamente menores. El modelo de diseño de LIVE! para EL PAIS es un ejemplo.

Conclusión vigesimoquinta. Las nuevos sistemas de transmisión y las arquitectura diseñadas ad hoc para los medios digitales, impulsarán estas nuevas ventanas de emisión en Internet, a la vez que fomentarán la utilización de las nuevas tecnologías en el entorno broadcast.

El futuro está aquí.

Madrid noviembre de 2015

CAPÍTULO CATORCE:

BIBLIOGRAFÍA

Libros de consulta

Redes de comunicación. Conceptos fundamentales y arquitecturas básicas.

Alberto Léon-García.

Indra Widjaja

Editorial MacGraw Hill (2002)

Redes: Gestión y soluciones

Mike Meyers.

Editorial Amaya (2004)

Redes de computadoras e Internet

Fred Halsall

Editorial Pearson (2006)

Redes de computadoras

Andrew S. Tanenbaum

Editorial Pearson (2003)

Redes informáticas. Conceptos fundamentales

Philippe Atelin

José Dordoigne

Editorial ENI. Colección de revistas informáticas (2006)

Transmisión de datos y redes de comunicaciones

Behrouz A. Forouzan

MacGraw Hill (2007)

Tecnología y redes de transmisión de datos

Herrera

Editorial Limusa (2003)

Redes de computadoras: Un enfoque descendente

James F. Kurose

Keith W. Ross

Editorial Pearson (2011)

Fundamentos de redes

Bruce A. Hallberg

Editorial MacGraw Hill 2007

Transmisión de datos y redes de computadoras

Pedro García Teodoro

Jesús Esteban Díaz Verdejo

Juan Manuel López Soler

Pearson (2003)

Comunicaciones y redes de computadoras

William Stallings

Prentice Hall (2001)

Networking

Barre Sosinsky

Wiley Publishing INC (2009)

Computer networks a systems approach

Larry L. Peterson

Bruce S. Davie

MK.Morgan Kaufmann (2012)

Interconectividad de redes con TCP/IP Diseño e implementación

Douglas E. Comer

David. L. Stevens

Editorial Prentice Hall (2000)

Protocolos de Internet Diseños e implementación en sistemas UNIX

Ángel López

Alejandro Novo

Editorial Ra-Ma (1999)

Satellite communications Systems

B.G. Ewans

Editorial IEE Communication serie 38 (1999)

Comunicación por satélite. Principios tecnología y sistemas

Carlos Rosado

Editorial Limusa (2008)

Satellite communications

Dennis Roy

Editotial MacGraw Hill (1989)

Elements of Digital Satellite communications

William W. Wu

Editorial Computer Science Press (1984)

Televisión por satélite

F.A. Wilsom

Editorial Monografías CEAC de Electrónica

Satellite Networking. Principles and protocols

Zhili Sun

Editorial Jhon Wiley and sons, Ltd. (2005)

Satellites communications and navigation systems

Del Re.

M. Ruggieri

Editorial Springer (2008)

Comunicaciones por satélite

Ramón Martínez Rodríguez

Antonio garcía Pino

ETSIT UPM Politécnica (2005)

Sistemas y redes ópticas de comunicaciones

José A. Martín Pereda

Prentice Hill (2005)

Optical Fiber communications

Gerd Keiser

MacGraw Hill Internacional Editions (2000)

Prácticas de comunicaciones ópticas

Departamento de Tecnología Fotónica

UPM –ETSIT (2004)

Microvawe Engineering land space and communications

Gerad Barve

Editorial Jhon Wiley and sons, ltd. (2002)

Antenas

Angrl Cardama Aznar

LLuis Josfre Roca

Juan Manuel Rius

Ediciones UPC (1998)

Metodología de ña investigación

Edelsys Hernández Meléndrez

Escuela de salud Pública (2006)

Manuales

Curso de operación estaciones DSNG

Atlas Sistemas de comunicaciones

Curso Teórico de operación de satélites

Servicios audiovisuales Overon

Curso de modulación COFDM

Telefónica sistemas audiovisuales

Solución de codificación de señales de audio y video basada en cloud.

CIRES 21 LIVE Manager

LIVE U

Company presentations

LIVE U LU 60 Manual

LIVE U

News-Spotter Vademecun

Skylogic

Ka- sat services

News-spotter Ka sat

The Production Plan for the 2010 FIFA World Cup

FIFA TV

Revistas especializadas

TVB Europe

Sobre Banda Ka

June 2015 (página33)

Septiembre 2014 (pág. 22)

Agosto 2014 (Pág.46 y 49)

Mayo 2014 ((Pág.44)

Marzo 2014 (Pág. 28, 31,35 y 47)

Febrero de 2014 (Pág. 19)

Octubre 2013 (Pág. 39,40, 51 y 57)

Septiembre 2013 (Pág. 44, 49 y 53)

Agosto 2013 (Pág. 46 y 53)

Abril 2013 (Pág. 8 y 16)

Febrero 2013 (Pág. 49)

TVB Europe

Sobre bonding

Octubre 2015 (Pág. 42)

Septiembre 2014 (Pág.54)

Agosto 2014 (Pág. 6,18 y 46)

Junio 2014 (Pág.36)

Abril 2014 (Pág. 50)

Marzo 2014 (Pág. 64)

Febrero 2014 (Pág. 3 y 19)

Marzo 2013 (Pág. 29 y 35)

Febrero 2013 (Pág. 46)

Abril 2013 (Pág. 16 y 61)

Agosto de 2013 (Pág. 46 y 54)

Septiembre 2013 (Pág.49)

Octubre 2013 (Pág. 40)

TM BROADCAST

Sobre banda Ka

Abril 2013

Panorama Audiovisual

<http://www.panoramaaudiovisual.com/2015/09/15/liveu-solo-streaming-en-la-nube-con-la-solidez-del-protocolo-liveu-reliable-transport/>

<http://www.panoramaaudiovisual.com/2015/07/28/telefonica-lanza-un-nuevo-servicio-de-contribucion-broadcast-por-satelite-en-banda-ka/>

<http://www.panoramaaudiovisual.com/2015/06/26/los-principales-medios-de-comunicacion-espanoles-recurrieron-a-liveaudiovisual-y-liveu-para-la-cobertura-de-las-elecciones-autonomicas-y-locales/>

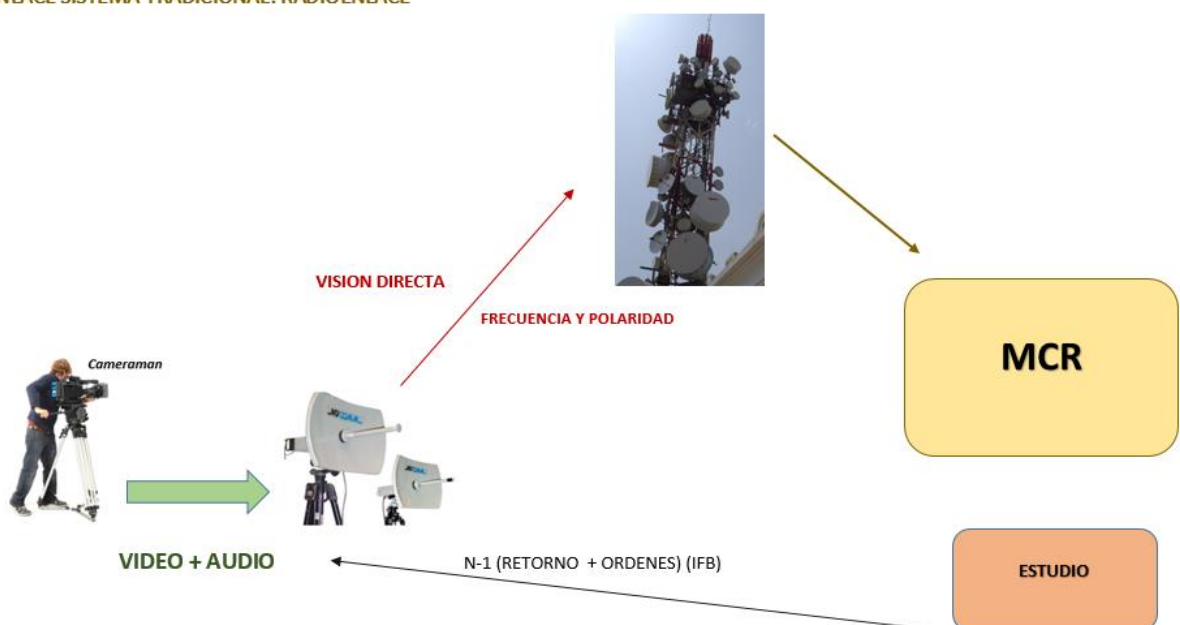
<http://www.panoramaaudiovisual.com/2015/05/22/live-audiovisual-lleva-a-cabo-el-mayor-despliegue-de-unidades-de-moviles-en-banda-ka-y-lte-4g/>

<http://www.panoramaaudiovisual.com/2015/03/09/telstra-y-ericsson-prueban-la-transmision-lte-broadcast-utilizando-high-efficiency-video-coding-hevc/>

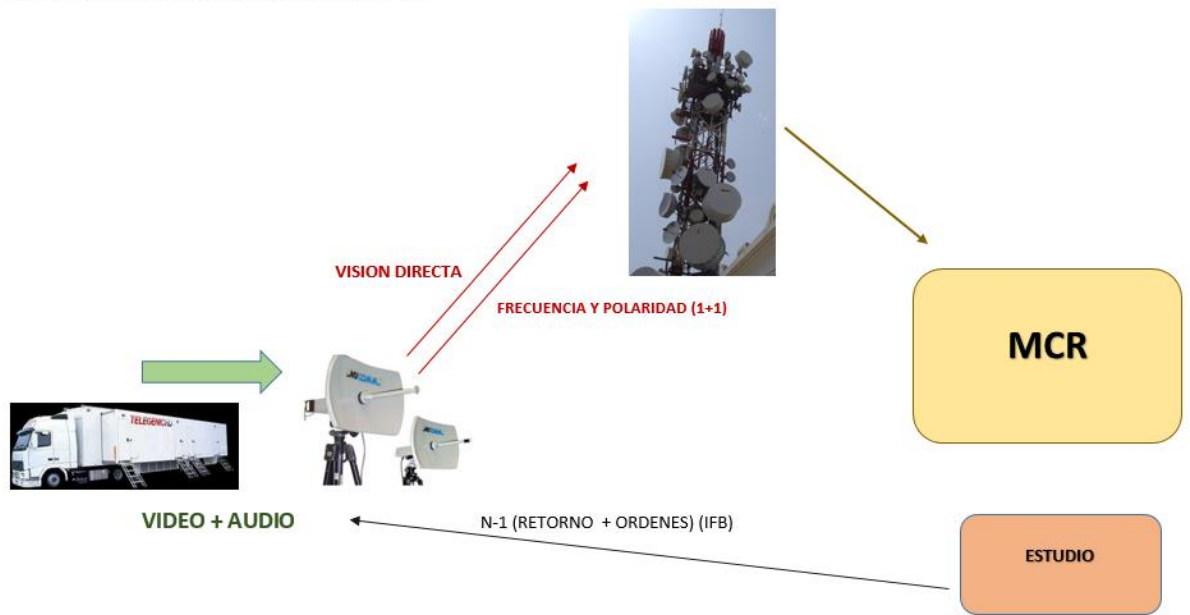
Como anexo a este trabajo se adjuntan los siguientes croquis que dan una idea de los distintos sistemas de transmisión, tanto tradicionales como aquellas que utilizan las nuevas tecnologías.

Como ejemplo final, y como ejercicio para el lector, se adjunta el plan de transmisión que Cuatro desplegó para el recibimiento en Madrid de la Selección Española de Fútbol en 2008. ¿Cómo se hubiese producido hoy ese evento con las nuevas tecnologías de transmisión?

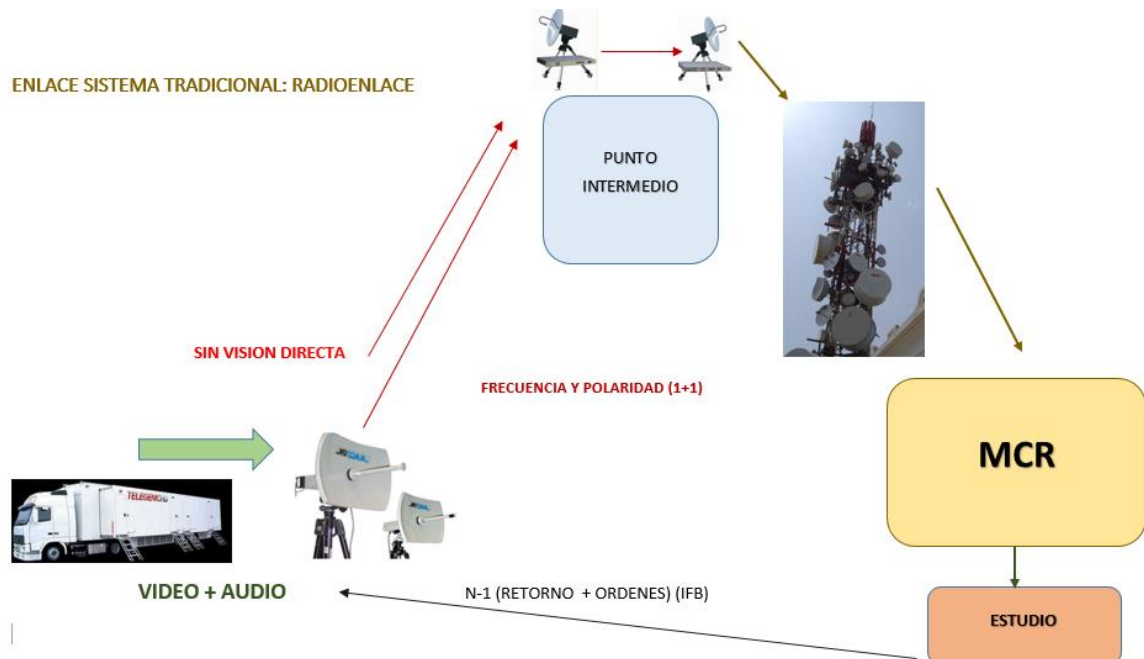
ENLACE SISTEMA TRADICIONAL: RADIOENLACE



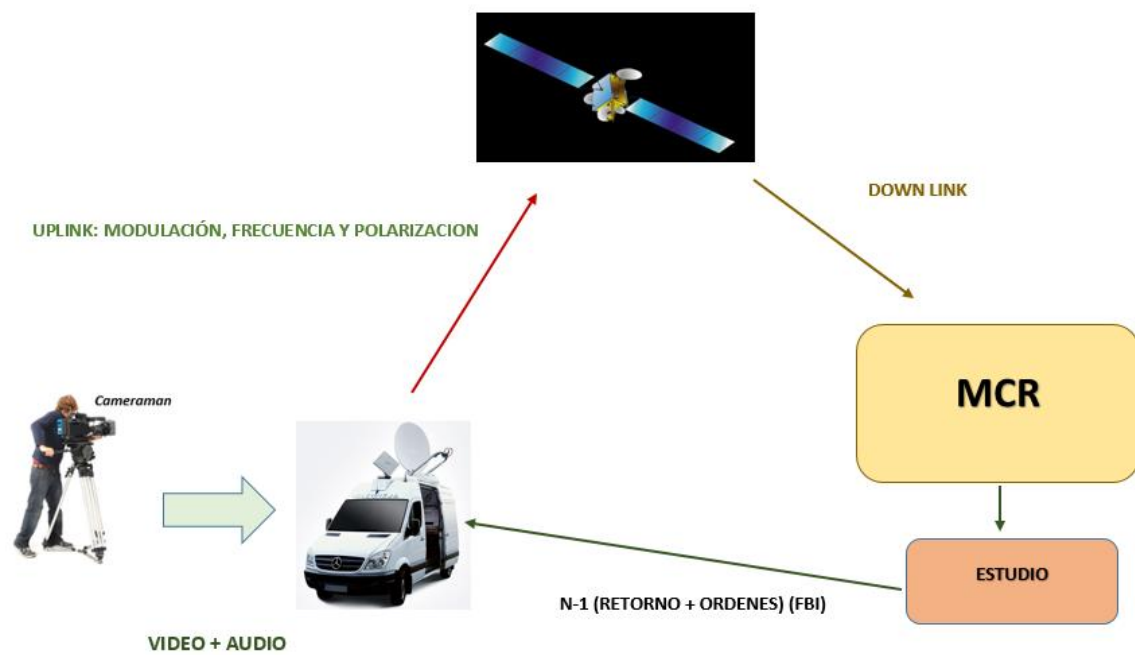
ENLACE SISTEMA TRADICIONAL: RADIOENLACE



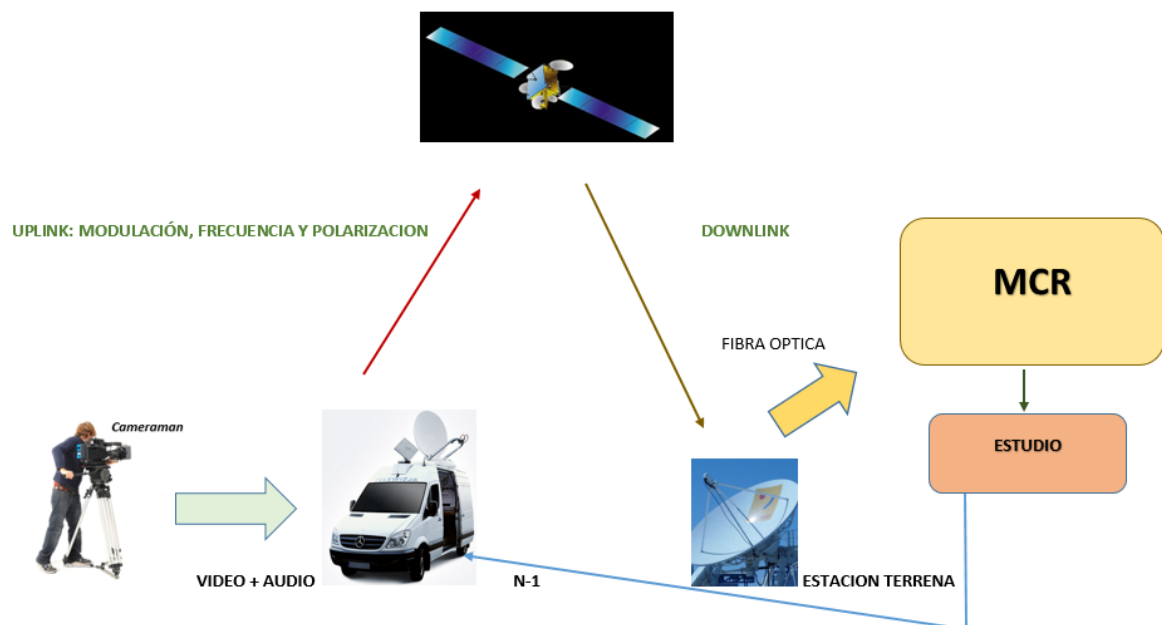
ENLACE SISTEMA TRADICIONAL: RADIOENLACE



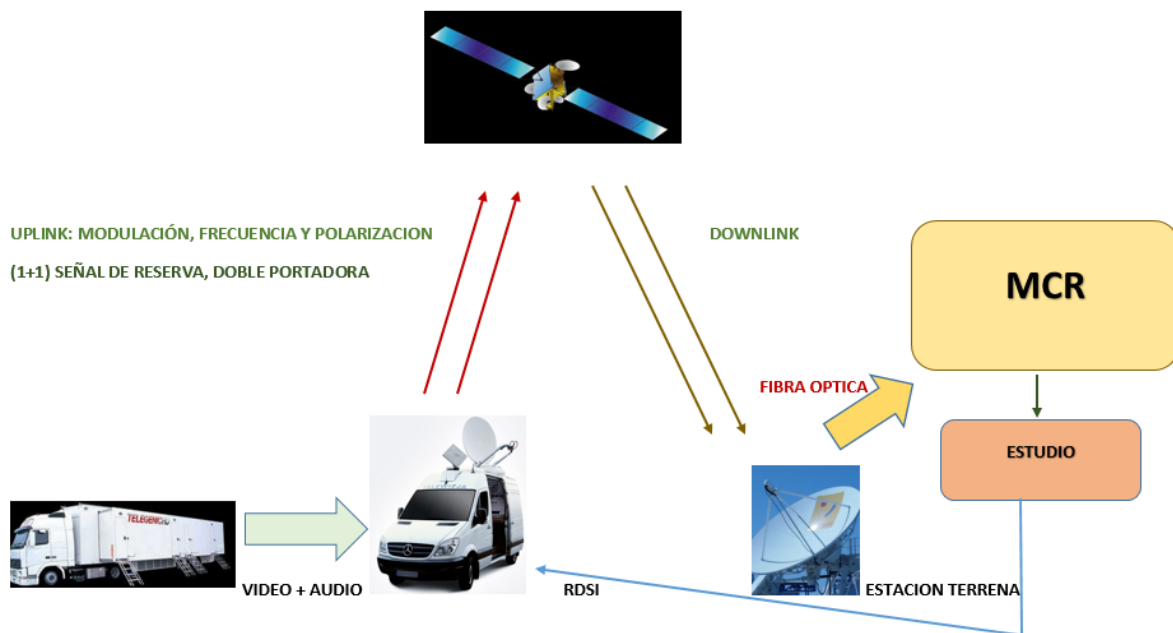
ENLACE SISTEMA TRADICIONAL: SATÉLITE



ENLACE SISTEMA TRADICIONAL: SATÉLITE (LOCALIZACIONES DISTANTES; BAJO PIRE)



ENLACE SISTEMA TRADICIONAL: SATÉLITE (LOCALIZACIONES DISTANTES; BAJO PIRE)



NUEVOS SISTEMAS: TRANSMISIÓN LTE (4G) CON BONDING DE MODEMS

